

Geotechnischer Bericht
PVA Dirlewang Alesrain
in 87742 Dirlewang

BV-Code: BV 00058463

Aktenzeichen: AZ 24 05 089

Bauvorhaben: PVA Dirlewang Alesrain
87742 Dirlewang
- Baugrunderkundung -

Auftraggeber: e-con AG
Schlachthofstraße 61
87700 Memmingen

Bearbeitung: B.Sc. Katharina Duchmann

Datum: 03.12.2024

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang	4
2	Geomorphologie des Untersuchungsgebietes	5
2.1	Morphologie und Geologie des Untersuchungsareals	5
2.2	Allgemeine Baugrundbeschreibung.....	6
3	Geotechnisches Baugrundmodell	7
3.1	Bautechnische Beschreibung der Schichten	7
3.2	Bodenmechanische Laborversuche	8
3.2.1	Bestimmung der Zustandsgrenze nach DIN EN ISO 17892-12	8
3.2.2	Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4	9
3.3	Erdwiderstandsmessung nach der Wenner-Methode	10
3.4	Stahlkorrosion nach DIN 50929-3.....	11
3.5	Betonaggressivität nach DIN 4030	13
3.6	Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung	13
4	Georisiken	16
4.1	Seismische Aktivität	16
5	Hydrogeologie	16
5.1	Grundwasserverhältnisse.....	16
6	Gründungskonzept und baubegleitende Maßnahmen	16
6.1	Baumaßnahme.....	16
6.2	Baugrundkriterien.....	16
6.3	Empfehlungen zur Gründung der Solarpanels.....	16
6.3.1	Ermittlung der Rammtiefen.....	17
6.3.2	Hinweise zum Rammvorgang.....	17
6.4	Gründung der Trafostation	17
6.5	Straßenbau	18
7	Hinweise und Empfehlungen	20

Anlagenverzeichnis

- 1.1 Übersichtslageplan, Maßstab unmaßstäblich
- 1.2-3 Lageplan mit Untersuchungspunkten, Maßstab unmaßstäblich
- 2.1-2 Geotechnische Profile der Rammkernsondierungen, Maßstab d. H. 1 : 25, M. d. L. unmaßstäblich
- 2.3-4 Darstellung der Rammsondierungen Maßstab d. H. 1 : 25, M. d. L. unmaßstäblich
- 3 Fotodokumentation der Rammkernsondierungen
- 4.1-4 Bodenmechanische Laborversuche
- 5 Laboranalysenbericht der BVU GmbH

Verwendete Unterlagen und Literatur

- [1.1] DIN EN 1997-1, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1 Allgemeine Regeln
- [1.2] DIN EN 1997-2, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
- [1.3] DIN EN 1997-2/NA, Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter
- [1.4] DIN EN 1998-1/NA:2011-01, ehem. DIN 4149:2005-04, Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau
- [1.5] DIN 1054:2012-12, Baugrund- Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- [2] DIN 50929-3:2018-03, Korrosion der Metalle - Korrosionswahrscheinlichkeit metallener Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung
- [3.1] Zusätzliche technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen (ZTV-Lsw 88)
- [3.2] Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen (ZTV-Lsw 06)
- [4] RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement, Ausgabe 2012

1 Vorgang

In 87742 Dirlewang ist die Errichtung der PVA Dirlewang Alesrain, einer ca. 13,8 ha großen Photovoltaik Freiflächenanlage, beabsichtigt.

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 Gesamtrammtiefen für die Gründung von Photovoltaik-Tischen zu berechnen.

Zur Beurteilung bzw. Erfassung der geologischen Schichtenabfolge wurden am 16.10.2024 sieben Rammkernsondierung RKS 1-7/24 bis in eine Tiefe zwischen 1,50 m bis 3,00 m unter der Geländeoberkante (m u. GOK) ausgeführt.

Zur Ermittlung des Lagerungszustandes bzw. der Festigkeit des Untergrundes sowie zur weiteren Abgrenzung der geologischen Schichtenfolge kamen 17 Rammsondierungen DPM 1-17/24 mit der mittelschweren Rammsonde (dynamic probing medium) nach DIN EN ISO 22476-2 zur Ausführung, die bis in eine Tiefe zwischen 2,00 m und 5,00 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 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. Anhand der aus den Rammsondierungen gewonnenen Erkenntnissen zur Bodenbeschaffenheit (Lagerungsdichte/Festigkeit) sowie den Profilen der Rammkernsondierungen wurde ein entsprechendes Baugrundmodell für das Bauvorhaben entwickelt. Die Profile der Rammkernsondierung sind in den Anlagen 2.1-2 dargestellt, die Ergebnisse der ausgeführten Rammsondierungen sind in den Anlagen 2.3-4 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 4.1-4 zu entnehmen.

Aus den Rammkernsondierungen wurden zwei Bodenproben entnommen und nach DIN 50929-3:2018-03 hinsichtlich der Stahlkorrosion sowie der Betonaggressivität untersucht und bewertet. Der Laboranalysenbericht liegt in der Anlage 5 bei.

AZ 24 05 089, PVA Dirlewang Alesrain, 87742 Dirlewang - Geotechnischer Bericht

2 Geomorphologie des Untersuchungsgebietes

2.1 Morphologie und Geologie des Untersuchungsareals

Das Bauvorhaben befindet ca. 2,2 km südwestlich von der Gemeinde Dirlewang. Das Untersuchungsgebiet nimmt eine Gesamtfläche von rund 13,8 ha ein und ist in mehreren Teilflächen unterteilt. Die Teilfelder weisen eine nach Westen hin abfallende Neigung von ca. 2° - 4° auf. Zum Untersuchungszeitpunkt wurde die Untersuchungsfläche als Ackerfläche genutzt.



Abbildung 1: Blick auf das Projektareal

Das Untersuchungsgebiet wird aus geologischer Sicht durch Sedimente der Oberen Süßwassermolasse geprägt, die bis zur Erkundungsendtiefe der jeweiligen Aufschlüsse angetroffen wurden.

Durch Verwitterungsprozesse hat sich oberhalb der Oberen Süßwassermolasse eine Verwitterungsdecke ausgebildet.

Zur Geländeoberkante hin werden die Schichten von einem geringmächtigen Mutterboden abgegrenzt.

AZ 24 05 089, PVA Dirlewang Alesrain, 87742 Dirlewang - Geotechnischer Bericht

2.2 Allgemeine Baugrundbeschreibung

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

Mutterboden	(Rezent)
Verwitterungsdecke	(Holozän)
Obere Süßwassermolasse	(Pleistozän)

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	Obere Süßwassermolasse
RKS 1/24	0,00 - 0,30	0,30 - 1,00	1,00 - 3,00*
RKS 2/24	0,00 - 0,20	0,20 - 1,60	1,60 - 3,00*
RKS 3/24	0,00 - 0,20	0,20 - 0,40	0,40 - 1,50*
RKS 4/24	0,00 - 0,20	0,20 - 1,20	1,20 - 3,00*
RKS 5/24	0,00 - 0,20	0,40 - 1,10	1,10 - 3,00*
RKS 6/24	0,00 - 0,20	0,20 - 1,20	1,20 - 3,00*
RKS 7/24	0,00 - 0,30	0,30 - 1,30	1,30 - 2,00*

* Endtiefe Rammkernsondierung

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

Aufschluss**	Mutterboden	Verwitterungsdecke	Obere Süßwassermolasse
DPM 1/24	0,00 - 0,30	0,30 - 2,80	2,80 - 5,00*
DPM 2/24	0,00 - 0,20	0,20 - 1,00	1,00 - 4,00*
DPM 3/24	0,00 - 0,20	0,20 - 1,50	1,50 - 4,00*
DPM 4/24	0,00 - 0,20	0,20 - 2,50	2,50 - 4,00*
DPM 5/24	0,00 - 0,20	0,20 - 2,00	2,00 - 3,00*
DPM 6/24	0,00 - 0,20	0,20 - 2,70	2,70 - 4,00*

AZ 24 05 089, PVA Dirlewang Alesrain, 87742 Dirlewang - Geotechnischer Bericht

Aufschluss**	Mutterboden	Verwitterungsdecke	Obere Süßwassermolasse
DPM 7/24	0,00 - 0,20	0,20 - 2,30	2,30 - 3,00*
DPM 8/24	0,00 - 0,20	0,20 - 2,00	2,00 - 3,00*
DPM 9/24	0,00 - 0,20	0,20 - 2,00	2,00 - 4,00*
DPM 10/24	0,00 - 0,20	0,20 - 2,20	2,20 - 4,00*
DPM 11/24	0,00 - 0,20	0,20 - 2,20	2,20 - 3,00*
DPM 12/24	0,00 - 0,20	0,20 - 1,20	1,20 - 4,00*
DPM 13/24	0,00 - 0,20	0,20 - 1,40	1,40 - 3,00*
DPM 14/24	0,00 - 0,20	0,20 - 1,10	1,10 - 3,00*
DPM 15/24	0,00 - 0,20	0,20 - 1,50	1,50 - 2,00*
DPM 16/24	0,00 - 0,20	0,20 - 1,00	1,00 - 3,00*
DPM 17/24	0,00 - 0,20	0,20 - 1,50	1,50 - 2,00*

* Endtiefe Rammsondierung

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

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. Das für das Bauvorhaben zugrunde gelegte Baugrundmodell ist dabei zusammenfassend in den Anlagen 2.1-4 dargestellt.

Mutterboden

Die Schichtenabfolge im Untersuchungsgebiet wird zunächst von einem geringmächtigen Mutterboden (bis max. 0,3 m mächtig) gebildet, der sich im Wesentlichen aus sandigen bis schwach sandigen, tonigen bis schwach tonigen, schwach humosen Schluff zusammensetzt. Die Konsistenz des braunen Mutterbodens ist weich.

Verwitterungsdecke

Unterhalb des Mutterbodens folgt eine Verwitterungsdecke, dessen Mächtigkeit zwischen 1,00 m und 2,80 m schwankt. Diese ist von hellbrauner Farbe und setzen sich aus einem sandigen, schwach tonigen bis tonig, kiesigen Schluff zusammen. Die Verwitterungsdecke weist eine überwiegend weiche bis lokal steife Konsistenz auf. Dies wird mit den Schlagzahlen

AZ 24 05 089, PVA Dirlewang Alesrain, 87742 Dirlewang - Geotechnischer Bericht

der mittelschweren Rammsondierungen mit $N_{10} = 1 - 5$ bestätigt (N_{10} = Anzahl der Schläge der Rammsonde je 10 cm Eindringtiefe in das Erdreich).

Obere Süßwassermolasse

Unterhalb der Verwitterungsdecke folgt bis zur Erkundungsendtiefe die Obere Süßwassermolasse. Diese ist von grauer bis brauner Farbe und wurde überwiegend als ein stark toniger bis toniger, sandiger bis stark sandiger, kiesiger Schluff sowie lokal als ein sandiger, schluffiger Fein- bis Grobkies angetroffen. Die Konsistenz der bindigen Bereiche der Obere Süßwassermolasse ist überwiegend weich bis steif, was durch die Schlagzahlen der mittleren Rammsondierungen mit $N_{10} = 3 - 20$ bestätigt wird. Die Lagerungsdichte der nichtbindigen Bereiche ist mitteldicht bis dicht was durch die Schlagzahlen der mittleren Rammsondierungen mit $N_{10} = 10 - >20$ bestätigt wird

Lokale Schwankungen der Schlagzahlen sind auf den Einfluss von Schichtwasser bzw. die Anwesenheit von Grobkomponenten in Form von Steinen zurückzuführen.

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 ihrer Zustandsgrenzen und ihrer Korngrößenverteilung untersucht. Die einzelnen Ergebnisse werden in der folgenden Ausführung beschrieben.

3.2.1 Bestimmung der Zustandsgrenze nach DIN EN ISO 17892-12

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 (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 Anlagen 4.1-3 zu entnehmen. Die Tabelle 3 gibt eine Übersicht der wichtigsten Kenngrößen der Atterberg - Auswertung wieder.

AZ 24 05 089, PVA Dirlewang Alesrain, 87742 Dirlewang - Geotechnischer Bericht

Tabelle 3: Übersicht der ermittelten Konsistenzgrenzen (s. Anlage 4.1-3)

Aufschluss	Tiefe (m u. GOK)	Konsistenz- zahl (I_c)	Wassergehalt [%]	Zustandsform	Boden- gruppe	Geologische Einheit
RKS 1/24	1,0 - 2,0	0,69	32,4	weich	TA	Obere Süßwassermolasse
RKS 5/24	2,0 - 3,0	0,94	19,8	steif	TM	Obere Süßwassermolasse
RKS 7/24	0,6 - 1,0	0,87	31,5	steif	TA	Verwitterungsdecke

Wie die Tabelle 3 aufzeigt, wurde für die Bodenprobe aus der Obere Süßwassermolasse eine Konsistenzzahl zwischen $I_c = 0,69$ und $I_c = 0,94$ bei einem Wassergehalt zwischen $w_n = 32,4\%$ und $w_n = 19,8\%$ eine weiche bis steife Konsistenz ermittelt. Entsprechend der Lage im Plastizitätsdiagramm nach Casagrande (Siehe Anlage 4.1-2) ist der Lehm Boden den mittelplastischen sowie ausgeprägt plastischen Tonen (Bodengruppe TM und TA) einzuordnen.

Für die untersuchte Bodenprobe aus der Verwitterungsdecke wurde eine Konsistenzzahlen von $I_c = 0,87$ bei einem Wassergehalt von $w_n = 31,5\%$ eine steife Zustandsform des Lehm Bodens bestimmt. Entsprechend der Lage im Plastizitätsdiagramm nach Casagrande ist der Lehm Boden den ausgeprägt plastischen Tonen (TA) zuzuordnen.

3.2.2 Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4

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

Die aus der Kornverteilungskurve ermittelte Zusammensetzung des Materials ist im Detail in der Tabelle 4 und der Anlage 4.4 aufgeführt.

Tabelle 4: Übersicht der durchgeführten granulometrischen Analysen

Aufschluss	Tiefe (m u. GOK)	Kiesanteil [%]	Sandanteil [%]	Schluffanteil I [%]	Tonanteil [%]	Bodenart / Geologische Einheit	Durch- lässigkeit* k_r [m/s]	korrigierte Durchlässigkeit** k_r [m/s]
RKS 3/24	1,0 - 1,5	66,2	16,1	16,0	1,7	Fein- bis Grobkies, sandig, schluffig Obere Süßwassermolasse	$1,4 \times 10^{-5}$	$2,8 \times 10^{-6}$

* k_r - Wert ermittelt aus Kornverteilungslinie nach USBR

** Korrektur nach Kommentar zum Arbeitsblatt DWA A-138 (August 2008), Tabelle B1

AZ 24 05 089, PVA Dirlawang Alesrain, 87742 Dirlawang - Geotechnischer Bericht

Die Ergebnisse der granulometrischen Analyse der Obere Süßwassermolasse ergaben eine Zusammensetzung aus einem sandigen schluffigen Fein- bis Grobkies. Somit ist die Probe in die Bodengruppe GU* und in die Frostempfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostempfindlich) einzuordnen.

3.3 Erdwiderstandsmessung nach der Wenner-Methode

In dem Untersuchungsgebiet wurde an sieben Untersuchungspunkten der spezifische Erdwiderstand nach der Wenner-Methode bestimmt. Dabei wurden vier Elektroden mit definierten Abständen ($a = 1,0\text{ m}, 2,0\text{ m}, 3,0\text{ m}, 4,0\text{ m}, 5,0\text{ m}$) entlang einer Gerade in den Boden gesteckt und über ein Erdwiderstandsmessgerät mit einem Stromimpuls versehen. Der so ermittelte Erdwiderstand wird in den spezifischen Erdwiderstand umgerechnet.

Tabelle 5: Ergebnis der Erdwiderstandsmessung

Aufschluss		Abstand der Elektroden (m)	Erdwiderstand (Ω)	spez. Erdwiderstand (Ωm)
RKS 1/24		5	3,2	100,5
		4	4,8	120,6
		3	6,5	122,5
Datum	16.10.2024	2	7,9	99,3
		1	10,2	64,1
RKS 2/24		5	10,2	320,4
		4	12,3	309,1
		3	11,1	209,2
Datum	16.10.2024	2	14,5	182,2
		1	16,6	104,3
RKS 3/24		5	5,7	179,1
		4	7,3	183,5
		3	9,2	173,4
Datum	16.10.2024	2	12,5	157,1
		1	14,6	91,7
RKS 4/24		5	7,1	223,1
		4	8,9	223,7
		3	9,7	182,8
Datum	16.10.2024	2	11,8	148,3
		1	13,9	87,3