

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

Aufschluss		Abstand der Elektroden (m)	Erdwiderstand (Ω)	spez. Erdwiderstand (Ωm)
RKS 5/24		5	5,3	166,5
		4	7,5	188,5
		3	9,4	177,2
Datum	16.10.2024	2	10,8	135,7
		1	13,5	84,8
<hr/>				
RKS 6/24		5	9,2	289,0
		4	11,5	289,0
		3	10,3	194,2
Datum	16.10.2024	2	13,2	165,9
		1	15,5	97,4
<hr/>				
RKS 7/24		5	5,1	160,2
		4	8,3	208,6
		3	10,5	197,9
Datum	16.10.2024	2	13,7	172,2
		1	16,2	101,8

3.4 Stahlkorrosion nach DIN 50929-3

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

Die Herkunft der Probe ist der nachfolgenden Tabelle 6 zu entnehmen.

Tabelle 6: Entnahmestelle/-tiefe Bodenprobe

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Entnahmetiefe	Geologische Einheit
RKS 2	RKS 2/24	0,40 - 0,70	Verwitterungsdecke
RKS 6	RKS 6/24	0,70 - 1,00	Verwitterungsdecke

Aus der Untersuchung ergeben sich folgende Bewertungsmatrizen.

Tabelle 7: Ergebnisse der Stahlkorrosion RKS 2

Beurteilung einer Bodenprobe	Wert	Bewertungszahl
Bodenart, Anteil an abschlammfähigen Bestandteilen [%]	60,0	-2
Spezifischer Bodenwiderstand [Ωm]	225	2
Wassergehalt [%]	17,0	0
ph-Wert	7,1	0
Säurekapazität bis pH 4,3	2,904	0
Basekapazität bis pH 7,0	< 0,05	0
Sulfid [mg/kg]	< 3,0	0
Neutralsalze [mmol/kg]	0,36	0
Sulfat, salzsaurer Auszug [mmol/kg]	2,13	-1
Grundwasser	nicht vorhanden	0
Ergebnissumme:		-1
Bodenklasse:		lb

Die Bodenprobe RKS 2 wird der Bodenklasse **lb** zugeordnet.

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

Tabelle 8: Ergebnisse der Stahlkorrosion RKS 6

Beurteilung einer Bodenprobe	Wert	Bewertungszahl
Bodenart, Anteil an abschlammfähigen Bestandteilen [%]	94,0	-4
Spezifischer Bodenwiderstand [Ωm]	207	2
Wassergehalt [%]	14,6	0
ph-Wert	6,9	0
Säurekapazität bis pH 4,3	1,642	0
Basekapazität bis pH 7,0	< 0,05	0
Sulfid [mg/kg]	< 3,0	0
Neutralsalze [mmol/kg]	0,36	0
Sulfat, salzsaurer Auszug [mmol/kg]	1,98	0
Grundwasser	nicht vorhanden	0
Ergebnissumme:		-2
Bodenklasse:		lb

Die Bodenprobe RKS 6 wird der Bodenklasse **lb** zugeordnet.

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

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

Die Einzelanalyseparameter sind in der Anlage 5 enthalten.

Es wird prinzipiell empfohlen, metallische Verbindung 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.

3.5 Betonaggressivität nach DIN 4030

Zusätzlich zur Untersuchung der Stahlkorrosion wurde die Bodenprobe auch auf die Betonaggressivität nach DIN 4030 geprüft.

Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Table 9: Ergebnisse der Betonaggressivität

Probe	Säuregrad nach Baumann-Gully [ml/kg]	Sulfat (SO ₄) [mg/kg]	ph-Wert	Expositionsklasse
RKS 1	-	< 3	7,1	< XA1
RKS 3	-	< 3	6,9	< XA1

3.6 Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung

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

Tabelle 10: Charakteristische Bodenkennwerte (Erfahrungswerte)

Schichten	Wichte (feucht) γ [kN/m ³]	Wichte (u. Auftrieb) γ' [kN/m ³]	Reib.-winkel dräniert ϕ_k [°]	Kohäsion dräniert c_k [kN/m ²]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
Verwitterungsdecke	17,0 - 18,0	7,0 - 8,0	20,0 – 25,0	-1 - 4	-3 - 6
Obere Süßwassermolasse	18,0 - 19,0	8,0 - 9,0	25,0 - 30,0	2 - 5	15 - 25

Auf der Basis der vorliegenden Baugrundaufschlussergebnisse, 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.

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

Tabelle 11: Einteilung der Baugrundabfolge in Homogenbereiche

Homogenbereich	Baugrundschichten
A	Verwitterungsdecke
B	Obere Süßwassermolasse

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.

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

Tabelle 12: 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	B
Kornverteilung [%]	T	5 - 15	0 - 10
	U	30 - 70	15 - 70
	S	20 - 40	10 - 20
	G	0 - 5	10 - 70
Massenanteil Steine [%]		0 - 1	0 - 1
Massenanteil Blöcke [%]		-	-
Massenanteil große Blöcke [%]		-	-
Lagerungsdichte		-	mitteldicht bis dicht
Konsistenz		weich (lokal steif)	weich bis steif
Konsistenzzahl I_c		0,50 - 1,00	0,60 - 1,00
Plastizitätszahl I_p [%]		15 - 45	20 - 45
Wichte (feucht) γ [kN/m ³]		17,0 - 18,0	18,0 - 19,0
Undrained Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]		30 - 75	60 - 150
Wassergehalt w_n [%]		15 - 35	15 - 35
Organischer Anteil [%]		-	-
Bodengruppe nach DIN18196: 2011-05		UM/TM; UL/UM; UM/UA; TA	UM/TM ; UL/UM ; UA/TA; UM/UA; GU*
Frostempfindlichkeit [ZTV E-StB 09; Tab.1]		F2/F3	F2/F3

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 **außerhalb von Erdbebenzonen** (Gebiet sehr geringer seismischer Gefährdung, in dem gemäß dem zugrunde gelegten Gefährdungsniveau rechnerisch die Intensität 6 nicht erreicht wird).

5 Hydrogeologie

5.1 Grundwasserverhältnisse

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

Prinzipiell ist jedoch, insbesondere nach langanhaltenden Niederschlagsereignissen, mit dem Auftreten von Schichtwasser zu rechnen, das sich innerhalb von durchlässigeren Lagen der Verwitterungsdecke und Oberen Süßwassermolasse einstauen kann.

6 Gründungskonzept und baubegleitende Maßnahmen

6.1 Baumaßnahme

Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen ist die Errichtung der PV-Anlage Dirlewang Alesrain in 87742 Dirlewang geplant.

6.2 Baugrundkriterien

Unterhalb eines geringmächtigen Mutterbodens folgt zunächst eine Verwitterungsdecke, die gemäß den Erkundungsergebnissen in einer weichen bis lokal steifen Konsistenz ansteht. Darunter folgt die Obere Süßwassermolasse, die gemäß den Erkundungsergebnissen in einer überwiegend weichen bis steifen Konsistenz bzw. mitteldichten bis dichten Lagerung ansteht.

Vorbehaltlich der Rammtiefenermittlung wird die Wahrscheinlichkeit, dass Pfosten die Solltiefe nicht erreichen, als sehr gering abgeschätzt.

Der tatsächliche Prozentsatz ist zudem abhängig von dem eingesetzten Rammprofil sowie der Rammmaschine.

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.

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 10 hinterlegten Bodenkennwerte herangezogen. Für Stahlprofile können folgende charakteristische Tragfähigkeitsbeiwerte zu Grund gelegt werden:

Mantelreibung: Verwitterungsdecke:	0,017 - 0,021 MN/m ²
Obere Süßwassermolasse:	0,024 - 0,028 MN/m ²

Die Ermittlung der Rammtiefen folgt nach Erhalt der statischen Gestelldaten

6.3.2 Hinweise zum Rammvorgang

Während des Rammvorgangs treten erfahrungsgemäß horizontale Schwankungen des Stahlpfostens auf, die einen sogenannten „Rammkanal“ zur Folge haben. Hintergrund hierbei ist, dass sich bindige Böden als „standfest“ erweisen, wohingegen nicht bindige Böden relativ schnell nachfallen. Innerhalb der Verwitterungsdecke sowie der Obere Süßwassermolasse ist von einer ausgeprägten Neigung zur Bildung eines solchen Rammkanals auszugehen. 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.

Für den Fall, dass vor Erreichen der Solleinbindetiefe undurchdringbare Rammhindernisse angetroffen werden, sind diese bei den betroffenen Pfosten vorzubohren und der Pfosten in das mit einem Kies-Sand-Gemisch verdichtete Bohrloch einzurammen. Der Bohrdurchmesser sollte max. 30 mm größer als der Querschnitt des verwendeten Profils gewählt werden, es sollte nicht tiefer als die endgültige Rammtiefe vorgebohrt werden.

6.4 Gründung der Trafostation

Die Gründung der Trafostation hat nach Abtrag des Mutterbodens 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.

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

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 Verhältniswert 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

$$k_s = 3 - 6 \text{ MN/m}^3$$

abgeschätzt werden.

Da der Bettungsmodul keine Bodenkonstante ist, sondern von den Belastungsverhältnissen, der Geometrie und den Baugrundverformungen abhängt, wird empfohlen, den tatsächlichen Bettungsmodulverlauf nach Vorlage von Lastplänen und Ausführungsplänen anhand einer detaillierten Setzungsberechnung ermitteln zu lassen. Diese Leistung kann auf Wunsch von der Fa. BauGrund Süd ausgeführt 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 $< 5 \text{ Vol.-%}$ auf 98 % der Proctordichte zu verdichten und aufzubringen.

Für die Herstellung von permanenten Straßen wird die RStO 12 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 sowie der Obere Süßwassermolasse (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. Je nach der endgültig festgelegten Belastungsklasse kann sich die erforderliche Dicke des frostsicheren Oberbaus ändern.

Des Weiteren muss nach der RStO 12 das Erdplanum einen Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ aufweisen. Dieser Wert wird innerhalb der Verwitterungsdecke und Obere

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

Süßwassermolasse voraussichtlich nicht erreicht werden. In diesem Fall ist eine Bodenverbesserung mittels Bodenaustausch erforderlich.

Dabei sind 0,40 m der im Aushubplanum anstehenden Obere Süßwassermolasse gegen ein Kies-Sand-Gemisch mit max. 5 % Feinkornanteil (z.B. FSK 0/45) auszutauschen. Der Kieskörper ist mit einem Vlies (GRK 3) 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.

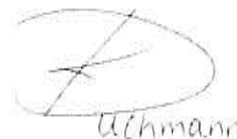
Auf dem so verbesserten Erdplanum (Bodenersatzkörper) kann dann im Anschluss der eigentliche frostsichere Straßenaufbau gemäß der RStO 12 erfolgen.

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.



Katharina Duchmann
B.Sc.



Alois Jäger
Geschäftsführer



Mustafa Alisada
B.Sc.-Geol.