

Solarpark
Rheinberger Heide
Kreis Wesel, Nordrhein-Westfalen
Deutschland

**Gutachten zur Ermittlung der erforderlichen Rammtiefe für
Stahlprofile als Gründungselemente**

Auftraggeber
ENNI Solar GmbH
Am Jostenhof 15
D-47441 Moers

ConSoGeol GmbH & Co. KG

Hydrogeologie angewandte Geologie Wasserwirtschaft

St.-Martin-Straße 11

D-86551 Aichach

Tel. +49 (0)8251 / 7224 u. 819890

Fax +49 (0)8251 / 51104

e-mail: info@consogeol.com

Bearbeiter

Robert Hurler, Ralf Flötzer

Inhalt

- 1 Lage und Vorgang, geologische Situation
- 2 Methodik, Aufschlüsse, Untersuchungen vor Ort
- 3 Bewertung der angetroffenen Böden
- 4 Ausgangswerte für die Berechnungen
- 5 Hinweise
 - 5.1 Hinweis zur Einschätzung der ermittelten Werte
 - 5.2 Hinweis zu den chemischen Bodenverhältnissen
 - 5.3 Hinweis zum Rammvorgang der Stahlprofile
 - 5.4 Hinweis zur Vorgehensweise beim Antreffen von undurchdringbaren Rammhindernissen
 - 5.5 Hinweis zur Aufstellung von Trafo- oder Wechselrichterstationen
 - 5.6 Hinweis zur Herstellung von Baustraßen
 - 5.7 Sonstige Hinweise

Anlagen

- Anlage 1 Lagepläne
 - Anlage 1.1 Übersichtslageplan Maßstab 1 : 100.000
 - Anlage 1.2 Übersichtslageplan Maßstab 1 : 25.000
 - Anlage 1.3 Geologische Karte Maßstab 1 : 100.000
 - Anlage 1.4 Lageplan der Sondierungen Maßstab 1 : 2.500
- Anlage 2 Rammsondierungen
 - Anlage 2.1 Tabelle mit Ergebnissen der Rammsondierungen
 - Anlage 2.2 Rammdiagramme
- Anlage 3 Bodenkennwerte der erkundeten Schichten und Klassifizierung der Eignung für gerammte Pfosten
- Anlage 4 Chemische Laboruntersuchungen
 - Anlage 4.1 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen der Bodenproben RC1 Co und RC2 Co
 - Anlage 4.2 Analyse hinsichtlich Stahlaggressivität nach DIN 50929
 - Anlage 4.3 Analyse hinsichtlich Betonaggressivität nach DIN 4030
- Anlage 5 Ermittlung der erforderlichen Rammtiefen

1 Lage und Vorgang, geologische Situation

Die ConSoGeol GmbH & Co. KG wurde am 05.04.2023 beauftragt, die Untersuchungen zur Ermittlung der Rammtiefe für die Gründung von Photovoltaik-Tischen gemäß Angebot vom 31.03.2023 durchzuführen.

Die Arbeiten erfolgten vor Ort in KW 22/2023 (Entnahme von Bodenproben und geologische Feldaufnahme) und KW 31/2024 (Rammsondierungen und Kleinrammbohrungen).

Es wurden nach geologischer Aufnahme des Untersuchungsgebietes insgesamt 5 Rammsondierungen mit der leichten Rammsonde (Ergebnisse im Detail siehe Anlage 2), 2 Kleinrammbohrungen und 2 Handschürfe zur Entnahme von Bodenproben durchgeführt.

Das Untersuchungsgebiet wurde vor Ort durch die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen eindeutig festgelegt (Lage siehe Pläne in Anlage 1).

Die geplante Photovoltaik-Anlage liegt zwischen Rheinberg und Millingen ca. 40 m westlich der Straße „Rheinberger Heide“ und ca. 60 m südlich der Alpener Straße. Das Gelände weist nur geringe Neigungen auf. Zur Zeit der Feldarbeiten wurde das Gelände landwirtschaftlich genutzt.

Geographisch gesehen liegt das Untersuchungsgebiet im Niederrheinischen Tiefland. Geologisch gesehen ist dieses Teil des Niederrheingrabens. Vor ca. 30 Millionen Jahren begann das Gebiet abzusinken, wodurch sich mächtige Sedimentablagerungen bildeten, die heute viele hundert Meter mächtig sind. Während der vorletzten Eiszeit (Saale-Kaltzeit) war das Gebiet vom Skandinavischen Inlandeis bedeckt, wobei der maximal erreichte Eisrand nur wenige Kilometer entfernt westlich des Untersuchungsgebietes lag. Während der letzten Eiszeit war das Gebiet im Bereich der Tundra und es wurden fluviatile Sedimente abgelagert. Laut Geologischer Karte (Anlage 1.3) sind die fluviatilen Sedimente der Niederterrasse im Bereich des Untersuchungsgebietes von sandigen Deckschichten überlagert.

Die Ergebnisse der Feldarbeiten zeigen relativ homogene Bodenverhältnisse:

Bei den Feldarbeiten wurde als oberste Schicht **S1** ein Oberboden angetroffen. Dieser besteht aus Feinsand, welcher schwach mittel- bis grobsandig, schwach schluffig bis schluffig sowie häufig schwach kiesig ist. Darunter folgt die Schicht **S2** aus Sand. In den meisten Fällen handelt es sich hierbei um schwach kiesigen Feinsand, welcher häufig einen leichten Mittelsandanteil hat. Es wurden aber auch Lagen aus Mittel- bis Grobsand angetroffen, welcher kiesig und feinsandig ist.

Zu ermitteln war die erforderliche Länge der in den Boden einzurammenden Profile. Ferner sind Einflüsse aus den festgestellten Böden auf die Stabilität der Profile hinsichtlich Korrosion und Langzeitstabilität zu prüfen.

Hierzu werden neben den gültigen Normen auch Erfahrungen unseres Unternehmens aus der bisherigen Prüfung solcher Gründungsarten angewandt. Für die Ermittlung der Rammtiefen kommen im Wesentlichen die DIN 1054, Eurocode 7 sowie die Berechnungsverfahren nach ZTV-Lsw 88, ZTV-Lsw 06 und ZTV-Lsw 22 zur Ermittlung der erforderlichen Pfahlängen zur Anwendung. Daneben erfolgt zur Kontrolle eine vergleichende Berechnung der so ermittelten Rammtiefen mit Objekten, bei denen in vergleichbaren Böden an gerammten Pfosten Messungen über die aufnehmbaren horizontalen und vertikalen Kräfte bzw. Momente durchgeführt wurden.

2 Methodik, Aufschlüsse, Untersuchungen vor Ort

Die Erkundungsmethodik für eine Freiflächen-PV-Anlage unterscheidet sich erheblich von der Methode für üblicherweise zu gründende Bauwerke, die eine relevante Erhöhung der Spannungen im Boden durch das Eigengewicht des Bauwerks verursachen. Da eine PV-Anlage im Verhältnis zu ihrer Flächengröße eine nur sehr geringe Zusatzmasse auf die Bodenschichten im Untergrund aufbringt, liegt der Schwerpunkt bei der Gründungsberatung auf der sicheren Einbindung der Tragpfosten in den sie umgebenden Boden und die Übertragung der an diesen Pfosten auftretenden Kräfte in den Untergrund. Dazu ist die Kenntnis der statischen Kräfte an den Pfosten sowie die Kenntnis der Bodenparameter der sie umgebenden Schichten wesentlich.

Bei der Bodenerkundung wird die Konsistenz bzw. Lagerungsdichte der Bodenschichten bis etwa 4 m unter GOK (Geländeoberkante) detailliert festgestellt. Wird in geringerer Tiefe der Beginn eines gut konsolidierten Bodens mit hohem Eindringwiderstand festgestellt und ist durch geologische Kenntnis sichergestellt, dass diese Schicht bis unter das geplante Gründungsniveau reicht, wird die Erkundung nach Erreichen dieser Schicht beendet.

Gleiches gilt sinngemäß bei Erreichen einer nicht durchrammbaren Bodenschicht (Fels oder sehr dicht gelagerter Schotter). Wenn sichergestellt ist, dass diese Schicht bis unter das geplante Gründungsniveau durchhält, ist eine Durchörterung bei der Erkundung nicht notwendig.

Eine Durchführung von Belastungsversuchen an Versuchspfosten vor Ermittlung der Bodenparameter und vor einer darauf aufbauenden Berechnung der notwendigen Einbindetiefe ist nicht sinnvoll und für eine Gründungsberatung nicht ausreichend.

Das Untersuchungsgebiet wurde in seiner Gesamtausdehnung begangen und geologisch aufgenommen. An 5 Stellen (Bezeichnungen der Aufschlussstellen mit RH1 – RH5) wurde mittels der leichten Rammsonde die Lagerungsdichte bzw. die Konsistenz des Bodens in Abhängigkeit von der Tiefe geprüft. An 2 Stellen (RH3 und RH5) wurden Bodenproben mittels Kleinrammbohrungen entnommen. An den Stellen RC1 und RC2 wurden zudem Handschürfe angelegt, aus denen weitere Bodenproben aus ca. 0,3 m Tiefe entnommen wurden, die hinsichtlich der Stahl- und Betonaggressivität chemisch analysiert wurden (vergleiche Kapitel 5.2 und Anlage 4).

Die Aufschlüsse sind in der Anlage 1.4 hinsichtlich der Lage der Ansatzpunkte dargestellt.

Die Lagefeststellung wurde mittels Sperrmaßen vor Ort sowie mittels GPS-gestützter Positionsermittlung durchgeführt.

Der Bodenaufbau wurde bei der ingenieurgeologischen Aufnahme des Gebietes festgestellt.

In Anlage 2 sind die Sondierergebnisse im Detail als Tabelle und Diagramme dargestellt. Die Bewertung der Versuchsergebnisse erfolgt im Kapitel 3.

Die Sondieraufschlüsse wurden bis in eine Tiefe von 3,9 m durchgeführt.

Die „Leichte Rammsonde“ besteht aus einem Gestänge mit einer Spitze von 5 cm² (DPL-5) Querschnittsfläche, das mit einem Fallgewicht von 10 kg aus einer Fallhöhe von 0,5 m in den zu untersuchenden Boden eingerammt wird. Die Anzahl der Schläge je 10 cm Eindringung wird gezählt und gibt das Maß für die Lagerungsdichte bzw. die Konsistenz des untersuchten Bodens. Bei einer Schlagzahl > 10 ist ausreichend dichte Lagerung bzw. mindestens steife Konsistenz gegeben.

Für die Bestimmung der Bodenarten wird entweder ein Handschurf angelegt oder eine Kleinrammbohrung abgeteuft. Damit lassen sich die mit den begleitenden Rammsondierungen erkundeten Böden auch geologisch zuordnen. Mit diesen Tests sowie den Informationen aus der geologischen Feldbegehung liegen ausreichend Daten für eine Baugrundbeurteilung vor.

Anhand der geologischen Feldaufnahme und der Ergebnisse aus den Rammsondierungen sowie den Probenahmen lässt sich der Untergrund des Untersuchungsgebietes wie folgt beschreiben:

Bei den Feldarbeiten wurde ein brauner bis dunkelbrauner Oberboden (=Schicht **S1**) aus schwach mittel- bis grobsandigem, schwach schluffigem bis schluffigem und meist schwach kiesigem Feinsand angetroffen. Das Material ist sehr locker gelagert. Unter dem Oberboden folgt eine Schicht **S2** aus Sand. Dieser ist hellbraun bis braun und meist ganz leicht rötlich. In den meisten Fällen handelt es sich um Feinsand, welcher schwach kiesig bis selten kiesig ist und meist einen leichten Mittelsandanteil aufweist, in einigen Fällen ist das Material auch schwach grobsandig. Es wurden jedoch auch Lagen aus feinsandigem, kiesigem Mittel- bis Grobsand angetroffen, diese sind von gräulich hellbrauner Farbe. Das Material ist in den meisten Fällen locker gelagert, nach unten hin stellenweise mitteldicht.

Noch tiefer liegende Schichten sind für die Gründung nicht von Belang.

Die Grundwasseroberfläche liegt durch die Drainagen in einer Tiefe von deutlich mehr als 2,0 m Tiefe. Daher ist kein Grundwasserkontakt der Stahlpfosten zu erwarten.

3 Bewertung der angetroffenen Böden

Die angetroffenen Böden eignen sich prinzipiell gut für die Gründung von Solaranlagen auf Rammpfosten.

Die Gründung erfolgt im gesamten Untersuchungsgebiet innerhalb der Schichten **S1** (Oberboden), und **S2** (Sand).

Die erforderlichen Gründungstiefen werden sich mit geringer bis selten mittlerer Rammenergie erreichen lassen. Dabei besitzt insbesondere die Schichten **S1** eher geringe Haltekräfte gegenüber vertikalen Kräften.

Insgesamt zeigen die Rammsondierungen hinreichend hohe Eindringwiderstände und lassen damit eine genügend hohe Lagerungsdichte bzw. Konsistenz für die Einleitung der Kräfte aus den Rammpfosten der Solartische erkennen.

Die notwendigen Rammtiefen können der Tabelle in Anlage 5 entnommen werden.

4 Ausgangswerte für die Berechnungen

Die für die Berechnung herangezogenen Bodenkennwerte sind in der Anlage 3 zusammengestellt.

Das Profil des den Berechnungen zu Grunde gelegten tragenden Konstruktionselements ist der Anlage 5 zu entnehmen.

Die Ausgangswerte für die Ermittlung der Rammtiefe sind ebenfalls in der Anlage 5 dokumentiert.

Für die Ermittlung der vertikalen Belastbarkeit werden Erddruck und dadurch ausgelöste Reibung zwischen Profil-Oberfläche und umgebendem Boden herangezogen. Bei dieser Berechnungsart geht der Spitzenwiderstand des Profils nicht in die Rechnung ein. Damit kann die Ermittlung der zulässigen vertikalen Belastung (nach unten) analog der zulässigen Belastung nach oben (ausziehende Kräfte) erfolgen. Durch den dennoch wirksamen Spitzendruck erhalten die ermittelten Werte einen Sicherheitsbeiwert, der aber nicht als Zahlenwert aufscheint.

Ausschlaggebend für die notwendige Rammtiefe sind I.d.R. die horizontalen Kräfte (Wind) am oberen Ende des gerammten Profils, die auf den Boden übertragen werden müssen.

5 Hinweise

5.1 Hinweis zur Einschätzung der ermittelten Werte

Grundlage für die Berechnung ist ein neuwertiges verzinktes Stahlprofil mit glatter Oberfläche. Im Laufe weniger Monate wird sich dieses Profil aufgrund unvermeidlicher Oxidation der Zinkschicht mit dem Boden wesentlich besser verbinden als im Neuzustand. Die dadurch erhöhte Mantelreibung findet bei der Berechnung keine Berücksichtigung. Sie wirkt somit als zusätzlicher Sicherheitsfaktor.

Gleiches gilt für die ursprünglich durch den Rammvorgang aufgelockerte Grenzschicht des Bodens zum Profil hin. Auch diese konsolidiert durch Kornumlagerung in den ersten Monaten nach Herstellung der Gründungsprofile gegenüber dem Zustand unmittelbar nach Einrammen. Dabei legen sich ursprünglich verdrängte Bodenpartikel wieder unmittelbar an die Metalloberfläche an und verbessern die Krafteinleitung bei horizontalen Beanspruchungen ebenso wie die Mantelreibung. Auch dieser nicht quantifizierbare Vorgang findet keine rechnerische Berücksichtigung und bildet somit eine Sicherheitsreserve.

5.2 Hinweis zu den chemischen Bodenverhältnissen

An den Standorten RC1 und RC2 (zur Lage siehe Anlage 1.4) wurden aus Handschürfen die Bodenproben RC1 Co und RC2 Co entnommen, die hinsichtlich der Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung nach DIN 50929 Teil 3 (Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern) und der Betonaggressivität nach DIN 4030 chemisch analysiert wurden.

Die Analyseergebnisse sind in der Anlage 4 dargestellt und werden dort näher erläutert.

Wichtiger Hinweis: Verwenden Sie prinzipiell keine Kupferdrähte oder -seile zur Erdung oder Gründung. Kupfer in Verbindung mit verzinkten Stahlpfählen bildet ein elektro-galvanisches Element (Batterie), in dem sich das weniger edle Material (verzinkter Stahl) schnell in feuchtem Boden löst. Diese Art der elektrochemischen Korrosion wird nicht durch aggressiven Boden verursacht, sondern nur durch die Verbindung verschiedener Metalle. Das Problem wird nicht gelöst, indem Bimetall-Verbinder verwendet werden. Jede leitende Verbindung zwischen den verschiedenen Metallen, auch innerhalb oder außerhalb des Bodens, erzeugt die elektro-galvanische Korrosionssituation. Daher sind nur Erdungsleitungen mit dem gleichen Material wie die Pfähle (verzinkter Stahl) möglich.

5.3 Hinweis zum Rammvorgang der Stahlprofile

Beim Rammen treten erfahrungsgemäß nicht nur vertikal wirkende impulsartige Kräfte am Stahlprofil auf, sondern auch teilweise horizontale Ausschläge bis zu einer Größe von etwa einem Zentimeter. Diese Ausschläge, wahrscheinlich durch Durchbiegungen des Profils zwischen Boden und Schlagkopf verursacht, führen zu einer horizontalen Verdichtung des Bodens und damit zu einer Art „Rammkanal“. Wesentlichen Einfluss auf die Ausbildung dieses Rammkanals hat die Zusammensetzung bzw. Korngrößenverteilung des Bodens.

In schluffigen und feinsandigen Böden ist der Effekt intensiver, in gröber körnigen Böden (Kies) fällt der Rammkanal sehr schnell zusammen.

Unmittelbar nach dem Einrammen liegt bei Schluff und Feinsand daher der Boden nicht auf der gesamten Länge des Stahlprofils an, sondern nur im untersten Bereich. Damit ist die Wirksamkeit der Mantelreibung auf diese kurze untere Strecke begrenzt. Vor allem der Widerstand gegen abhebende Kräfte wird aber ausschließlich über die Mantelreibung erzeugt. Kurz nach Einrammen der Gründungselemente kann dieser daher manchmal sehr gering sein.

Normalerweise fällt der Rammkanal bei Entfestigung der verdichteten Bodenbereiche rasch wieder zusammen, wodurch der Boden wieder am Profil anliegt und die Übertragung der Kräfte vom Profil auf die Umgebung wieder auf der ganzen Länge erfolgt. Für diesen Zustand gelten die berechneten Werte.

Innerhalb der Schicht S1 ist mit schwach ausgebildeten Rammkanälen zu rechnen, die erst im Laufe von einigen Wochen vollständig zusammenfallen. Bis zum Abschluss der Montagearbeiten ist aber die ausreichende Tragfähigkeit der Rammprofile in jedem Fall gegeben.

Das Zusammenfallen des Rammkanals wird begünstigt durch versickernden Niederschlag, am Stahlprofil herunterlaufenden Tau, Frost-/Tauwechsel im Boden etc.

Sollte sich der Rammkanal nur sehr langsam schließen, kann durch das Aufschütten einer kleinen Menge Feinsandes oder sandigen Bodenmaterials am Austrittspunkt des Stahlprofils aus dem Boden sowie das Einschwemmen des Materials in den Rammkanal mit Wasser der Kraftschluss Stahlprofil / Boden rasch hergestellt werden.

Falls die ausreichende Belastbarkeit der Pfosten durch Zugversuche vor Ort im Zuge der Errichtung der Anlage nachgewiesen werden soll, weisen wir ausdrücklich darauf hin, dass wegen der vorstehend genannten Umstände ausschließlich vertikal geführte Versuche nicht sachgerecht sind. Im Fall der Planung solcher Versuche ist eine Abstimmung mit ConSoGeol GmbH & Co. KG für eine Planung und Durchführung solcher Versuche zum Erreichen interpretationsfähiger Ergebnisse unerlässlich.

In jedem Fall dürfen Profile nicht tiefer gerammt werden als die berechnete Rammtiefe. Zu tiefes Rammen und anschließendes Ziehen des Pfostens würde eine Auflockerung des Bodens am unteren Ende des Pfostens hervorrufen und das Risiko nachträglicher Setzungen des Pfostens erhöhen.

5.4 Hinweis zur Vorgehensweise beim Antreffen von undurchdringbaren Rammhindernissen

In einem Gebiet, welches in der Eiszeit vergletschert war, kann das Antreffen von Rammhindernissen nie vollständig ausgeschlossen werden. Im Bereich des Feldes Rheinberger Heide wird das Risiko als sehr gering eingeschätzt.

Falls nicht dennoch durchstoßbare Rammhindernisse, z. B. in Form größerer Steine, angetroffen werden, kann folgendermaßen verfahren werden:

Hat der betreffende Pfosten mind. 80 % der empfohlenen Mindestrammtiefe erreicht und ist nur ein Pfosten pro Tisch betroffen, kann dieser Pfosten im Boden verbleiben und am Kopf entsprechend gekürzt werden.

In allen anderen Fällen ist der Pfosten zu ziehen und

- entweder das Hindernis zu durchbohren und der Pfosten in das mit Bohrklein, Kies oder Sand verfüllte Bohrloch neu zu rammen
- oder das Hindernis auszugraben und der Pfosten in die wieder verfüllte und bestmöglich verdichtete Aushubgrube zu rammen. Sollte dies bei mehreren Pfosten pro Tisch auftreten, muss die Verfüllung in jedem Fall lagenweise verdichtet werden.

M1 Vorbohrungen

M1.1 Durchmesser der Bohrlöcher

Der Durchmesser der Bohrlöcher sollte nicht viel größer als der Querschnitt des Pfostens sein. Es ist der Querschnitt des größten zu verwendenden Pfostens zu ermitteln; das Bohrgerät sollte einen Durchmesser von nicht mehr als 5 cm (2 Zoll) größer als dieser Wert haben.

*Beispiel: Pfosten: C-Profil 170 mm * 60 mm, größter Durchmesser des Pfostens sind 180 mm (Diagonale). Der Durchmesser des Bohrlochs sollte nicht mehr als 230 mm betragen.*

M1.2 Tiefe der Bohrlöcher

In keinem Fall dürfen die Bohrlöcher tiefer als die berechnete Rammtiefe gebohrt werden. Versuchen Sie die Bohrlöcher genauso tief bzw. etwas weniger tief zu bohren wie die notwendige Rammtiefe. Das verringert deutlich das Risiko von Setzungen der Rammpfosten.

M1.3 Füllen der Bohrlöcher

Die Bohrlöcher müssen so schnell wie möglich nach dem Bohrvorgang gefüllt werden. Benutzen Sie Material mit einer Korngröße von 0/2 – 32 mm (z.B. Sand mit Kies oder jedes kompaktierbare, nicht-kohäsive, verfügbare Material). Das Material muss eine breit gefächerte Korngrößenverteilung haben. Die Mischung muss mindestens 10 % an Material mit einer Korngröße feiner als 0,063 mm (Schluff und Ton) enthalten. **Verwenden Sie keine feinkörnigen, weichen Materialien wie Schlamm, Lehm, weichen Boden oder humusreichen Boden.**

Ebenso kann das Bohrklein verwendet werden, sofern dessen Korngrößenverteilung mit den oben genannten geotechnischen Voraussetzungen übereinstimmt. Bohrklein von Fels oder großen Steinen kann in jedem Fall verwendet werden. Anderenfalls muss das Bohrklein entfernt werden.

Das Bohrloch auf der gesamten Länge füllen.

Stellen Sie sicher, dass das Füllmaterial bis zum unteren Ende des Bohrloches vordringt.

Das Bohrloch muss am selben Tag wie der Bohrvorgang gefüllt werden.

Vermeiden Sie es, Oberflächenwasser in die Bohrlöcher fließen zu lassen. Wenn Grundwasser in das Bohrloch eindringt, ist das kein Problem.

Verdichten Sie das Füllmaterial nicht.

Lassen Sie eine kleine Menge Material nach dem Füllvorgang am oberen Ende des Bohrlochs.

M1.4 Rammen der Pfosten

M1.4.1 Rammen Sie den Pfosten nach dem Bohrvorgang so schnell wie möglich in die verfüllten Bohrlöcher.

M1.4.2 Rammen Sie die Pfosten so schnell wie möglich auf die Endtiefe.

M1.4.3 Achten Sie darauf, dass das Bohrloch während des gesamten Rammvorgangs gefüllt ist. Falls nötig, füllen Sie Materialdefizite mit dem Material auf, das Sie wie oben beschrieben, nahe des Bohrlochs als Reserve aufbewahrt haben. Füllen Sie dieses Material während des Rammvorgangs nach.

Um das Risiko nachträglicher Setzungen der Pfosten auszuschließen, dürfen Vorbohrungen **in keinem Fall** tiefer als die berechnete Rammtiefe abgeteuft werden. Am besten sollte die Endteufe der Vorbohrungen sogar einige Zentimeter weniger als die berechnete Rammtiefe betragen.

5.5 Hinweis zur Aufstellung von Trafo- oder Wechselrichterstationen

Für die Aufstellung von **Trafo- oder Wechselrichterstationen** auf Bodenplatten wird empfohlen, im Bereich der geplanten Aufstellflächen ca. 0,3 m des Oberbodens abzuschleifen und nach Zwischenlage eines einfachen Geotextils durch eine Schicht aus verdichtungsfähigem Mineral- korngemisch oder Recyclat 0/16 oder 0/32 (Aufbringung mehrlagig, in ca. 0,2 m starken Lagen)

auszutauschen. Die Oberkante des Austauschkörpers sollte ca. 0,2 m über der ursprünglichen GOK liegen. Der Verdichtungsgrad der Überschüttung sollte 98 % der Proctordichte betragen. Das Planum ist vor der Aufstellung der Trafo- oder Wechselrichterstationen planeben abzuziehen. Falls erwünscht, kann auf diesem Planum ein waagrecht abgezogenes Sandbett oder eine waagrechte Magerbetonplatte aufgebracht werden.

Dieser Unterbau muss mit einer Drainage versehen werden, über die eine Entwässerung versickernden Niederschlagswassers in Richtung des natürlichen Geländes erfolgen kann.

Wird der Unterbau für die Trafo- und Wechselrichterstationen wie oben beschrieben hergestellt, ist der Untergrund in der Lage, Belastungen von 80 kN/m² problemlos aufzunehmen.

Für geotechnische Berechnungen können bei Streifenfundamenten mit Einbindetiefen zwischen 0,5 und 1,0 m Tiefe ohne weitere Prüfungen Sohlspannungen bis zu 60 kN/m² zugelassen werden.

Setzungen werden sich auf Beträge von < 0,06 m beschränken.

5.6 Hinweis zur Herstellung von Baustraßen

Zur Herstellung von Baustraßen, die mit **Schwerlastverkehr** oder **sehr häufig mit Baumaschinen befahren** werden sollen, sind zunächst max. 0,3 m an Oberboden abzuschleppen und auf der darunterliegenden Schicht eine profilgerechte, ebene untere Tragschicht mit einer Querneigung von $\geq 3^\circ$ herzustellen. Es wird empfohlen, dieses Erdplanum mit einem gut zu verdichtenden Sand-Kies-Gemisch oder Recycling-Material 0/16 oder 0/32 unter Zwischenlage eines einfachen Trennvlieses (Geotextil) zu überschütten. Die Mächtigkeit dieser Überschüttung sollte insgesamt ca. 0,5 m erreichen, ihr Einbau sollte 2-lagig erfolgen. Der Verdichtungsgrad der Überschüttung sollte 98 % der Proctordichte betragen. Die Oberfläche der Baustraße sollte ein einseitig geneigtes Querprofil mit einem Gefälle von mindestens 3° erhalten.

Für selten bis sehr **selten genutzte** und/ oder nur mit **leichteren Fahrzeugen befahrene Wege** (z.B. Betriebswege zur Pflege der Anlage nach Inbetriebnahme, Feuerwehrumfahrten etc.) reicht es aus, ohne vorheriges Abschleppen des Bodens entlang der Trasse der geplanten Baustraße ein einfaches Trennvlies auf den Boden aufzulegen und mit einem verdichtbaren Mineralkorngemisch, das für diesen Zweck auch nicht unbedingt frostunempfindlich sein muss, in einer Mächtigkeit von mindestens 0,3 m zu überschütten. Diese Überschüttung ist durch Abwalzen einmalig zu verdichten.

5.7 Sonstige Hinweise

Es sollte nach Fertigstellung der Anlage dafür gesorgt werden, dass sich auf der gesamten Fläche baldmöglichst wieder ein zusammenhängender Grasbewuchs ausbilden kann. Dessen Wurzelhorizont bietet für die Aufnahme von Horizontalkräften eine deutliche Erhöhung der Sicherheit über die berechneten Werte hinaus. Ebenso stellt eine solche Vegetation einen guten Schutz des Bodens gegen Erosion durch abfließendes Niederschlagswasser dar.

Grundsätzlich ändert der Bau einer PV-Anlage weder Niederschlagsmenge noch Niederschlagsverteilung auf dem Baugrundstück. Im Gegensatz zu üblichen Bauwerken findet auch keine hydrologisch relevante Sammlung oder Konzentration von Wassermengen statt. Die einzelnen Solarpaneele sind mit Lücken verlegt und bilden keine zusammenhängenden Flächen (wie z.B. Dächer). Das Niederschlagswasser tropft daher zwischen den einzelnen Modulen, die i.d.R. weniger als 2 m² Fläche besitzen, zu Boden und kann dort genau wie bisher versickern oder abfließen. Auch ändert sich durch den Bau der Solaranlage die Wasserdurchlässigkeit des Bodens in keiner Weise. Aus fachlicher Sicht sind daher Konzepte zur Niederschlagswasserableitung oder -behandlung nicht erforderlich, sofern in den vergangenen Zeiten der Niederschlag auf dem Baugrundstück schadlos versickert oder abgeflossen ist.

Sowohl der Oberboden als auch der darunterliegende Sand sind locker gelagert und gut wasserdurchlässig. Vor dem Bau der Solaranlage ist daher das Niederschlagswasser auf der Fläche in der Regel versickert, außer bei eventuellen Starkniederschlägen. Es besteht daher keinerlei Grund zu der Annahme, dass sich durch den Bau der Solaranlage die vorhandenen Bedingungen für die Versickerung von Regenwasser irgendwie ändern könnten. Weitergehende Konzepte oder gar Anlagen zur Ableitung und Versickerung von Niederschlagswasser sind somit überflüssig.

Aichach, den 08.08.2024

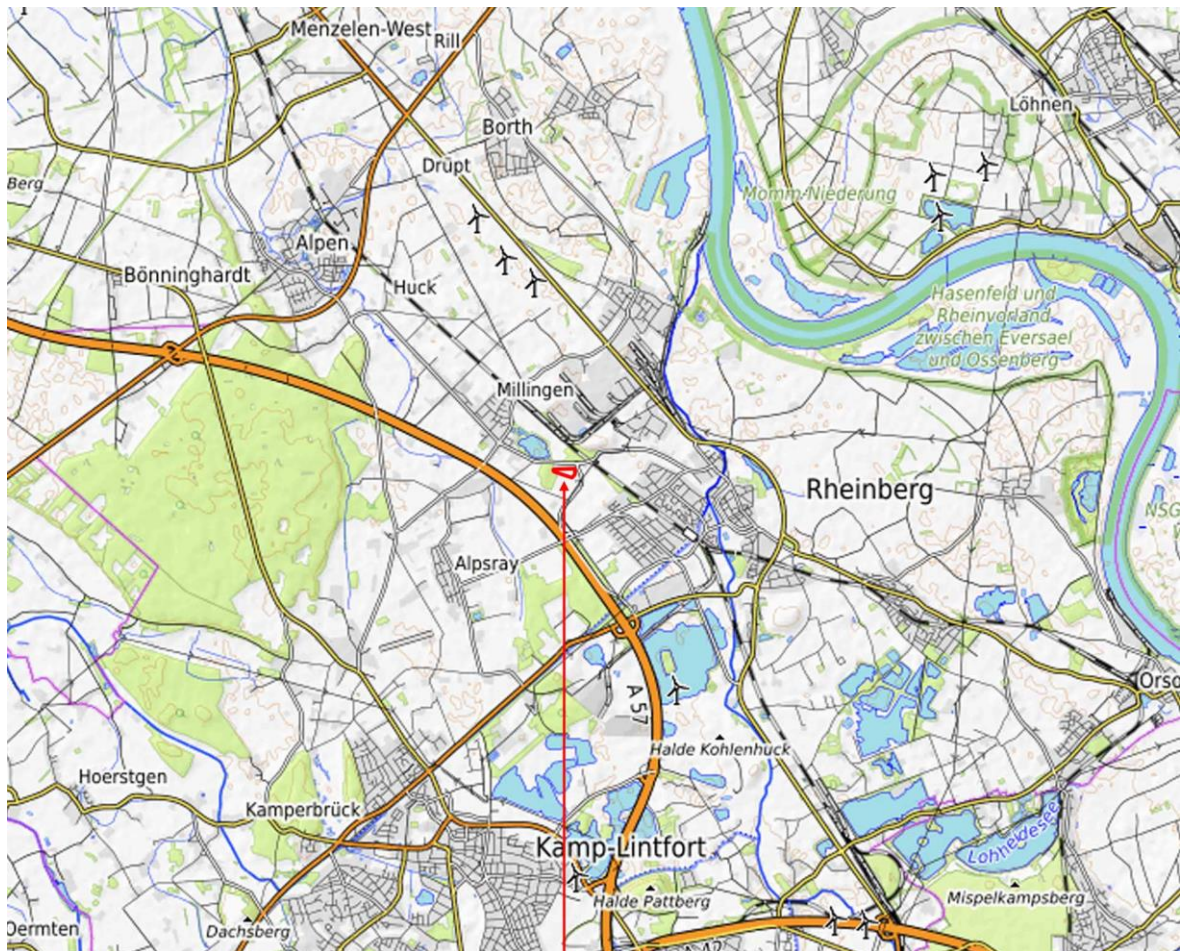


R. Hurler, Dipl.-Geol.

Anlagen

Anlage 1 Lagepläne

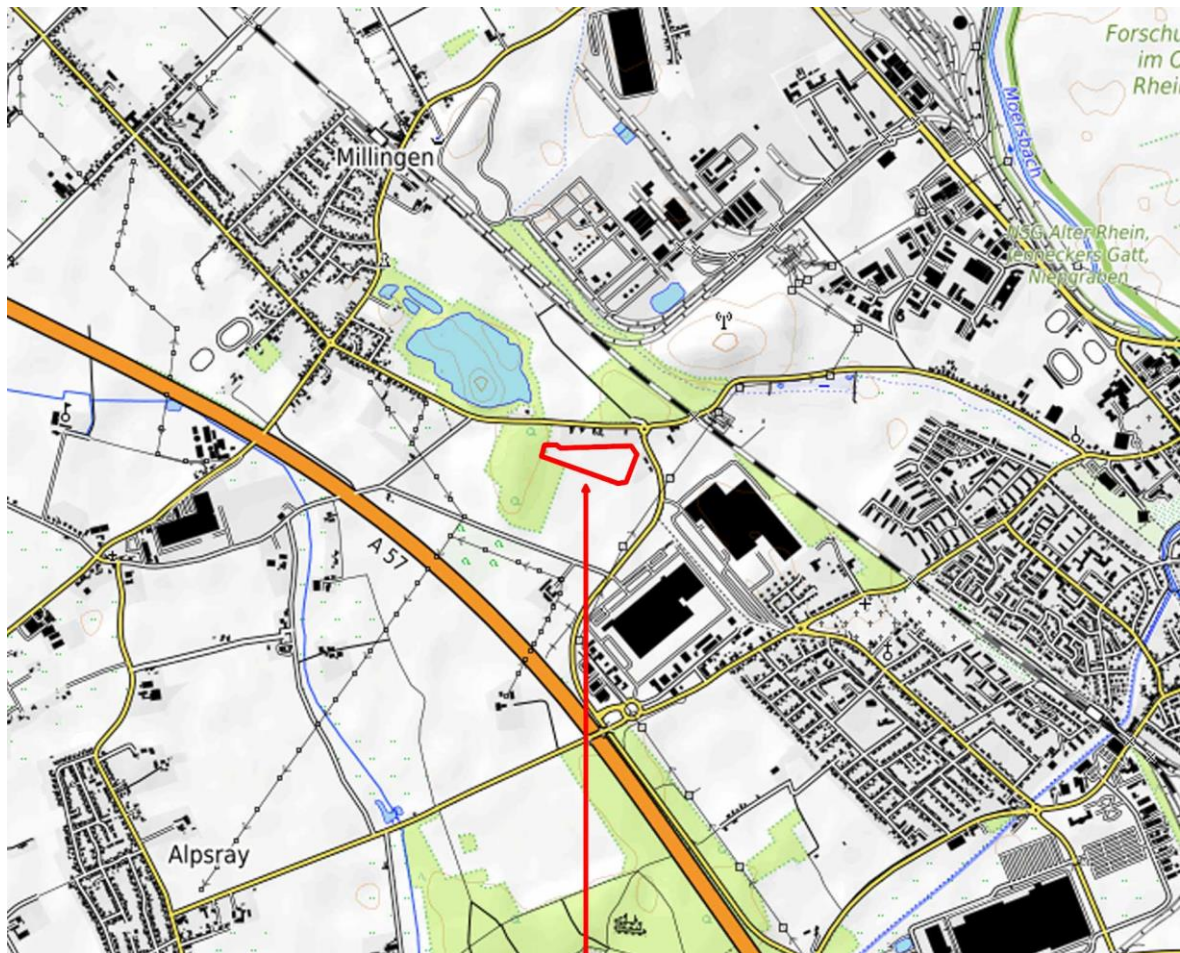
Anlage 1.1 Übersichtslageplan Maßstab 1 : 100.000



Lage des Untersuchungsgebietes

Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM | Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

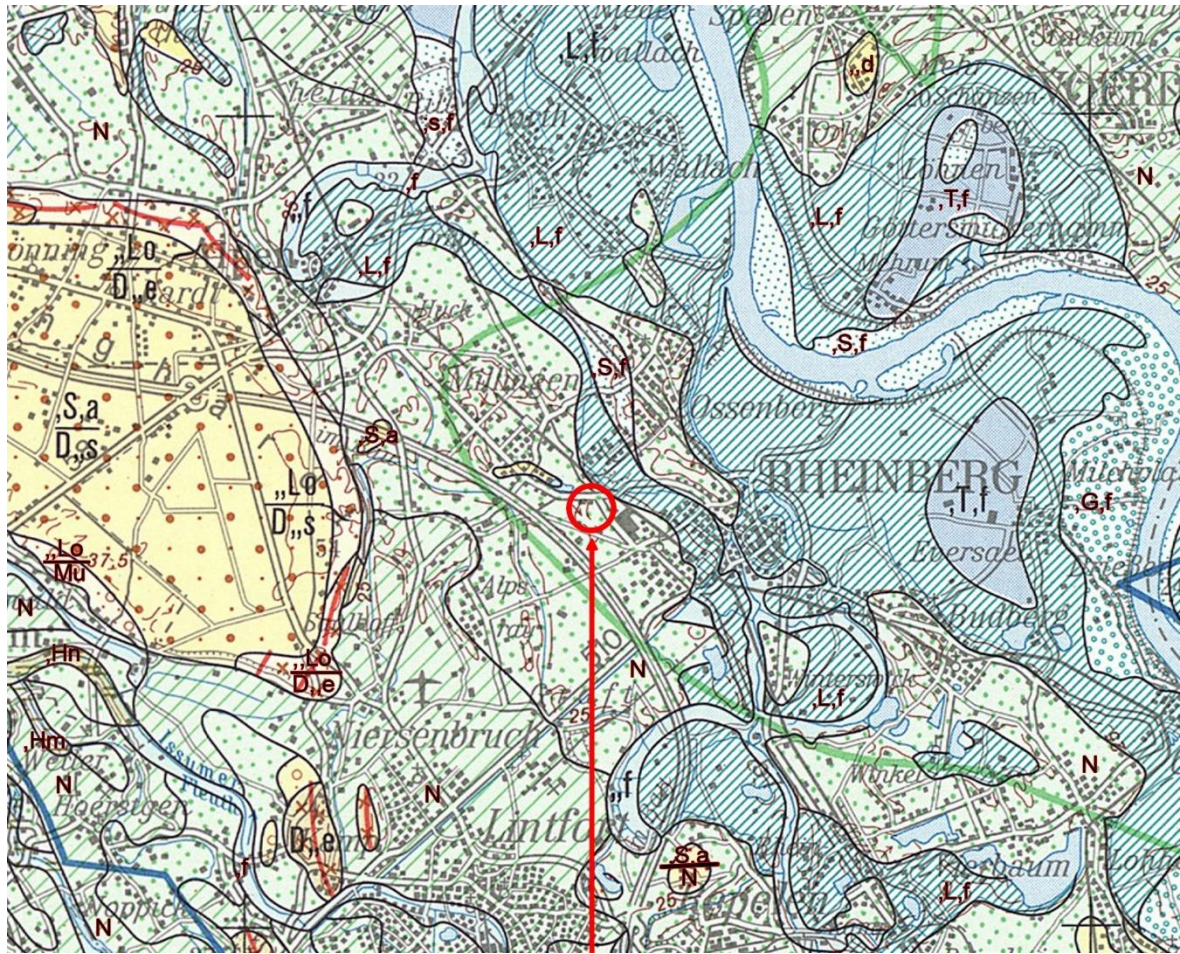
Anlage 1.2 Übersichtslageplan Maßstab 1 : 25.000



Lage des Untersuchungsgebietes

Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM | Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

Anlage 1.3 Geologische Karte Maßstab 1 : 100.000



Lage des Untersuchungsgebietes

Kartendaten: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover (1984),
Geologische Übersichtskarte Maßstab 1:200.000, Blatt CC 4702 Düsseldorf

Legende Geologische Karte

KÄNOZOIKUM

QUARTÄR

Pleistozän	Holozän		Anmoor („Moorerde“)	gemischtkörnige Sedimente mit 10 – 30 % organischer Substanz
			Niedermoor	Bruchwald-, Schilf- und Seggentorf, meist stark zersetzt
			fluviatile Ablagerungen (Auensedimente), allgemein	Ton, Schluff, z.T. humos, Sand und Kies
			a) Jüngerer und Jüngster Auenlehm, jungholozän, b) Auensand, c) Auenkies	a) Schluff, tonig, feinsandig, z.T. kalkhaltig, b) Feinsand bis Mittelsand, z.T. kalkhaltig, c) Kies, sandig
			Älterer Auenlehm, mittel- und altholozän	Ton, Schluff, Feinsand, a) vorwiegend sandig
			Dünen, z.T. weichselzeitlich	Feinsand bis Mittelsand
	Weichsel-Kaltzeit		Flugsand in flächenhafter Verbreitung, pleistozän, z.T. holozän	Feinsand bis Mittelsand
			Löß und Sandlöß (Flottlehm), äolisch	Schluff, tonig, z.T. feinsandig
			fluviatile Ablagerungen, Niederterrasse	Feinsand bis Mittelsand mit Schluff- und Tonlagen, kiesigem Sand und Kies, a) unter sandigen Deckschichten (bis 3 m), meist verschwemmtem Flugdecksand, b) unter 1 – 2 m Hochflutlehm (und -sand), spätglazial – holozän
			glazifluviatile Ablagerungen, Sander	Sand und Kies
			Stauch-Endmoräne, meist Untere Mittelterrasse, z.T. ältere Ablagerungen	Sand, Kies, Ton, Schluff
			fluviatile Ablagerungen, Untere Mittelterrasse von Rhein und Maas	Sand und Kies

Überlagerungsbeispiel



Löß, weichselzeitlich, über Stauch-Endmoräne, drenthezeitlich

Zeichen



Endmoräne (Streichrichtung)



Begrenzung der Oberkreide des Münsterländer Beckens unter jüngerer Bedeckung



Begrenzung des Zechsteins unter jüngerer Bedeckung

Anlage 1.4 Lageplan der Sondierungen Maßstab 1 : 2.500



Rote Markierung = Umriss des Untersuchungsgebiets

RH1 – RH5 = Ansatzpunkte der Sondierungen

An den Standorten der Sondierungen RH3 und RH5 wurden Kleinrammbohrungen abgeteuft.

An den Punkten RC1 und RC2 wurden Bodenproben aus Handschürfen entnommen.

Koordinaten der ungefähren Feldmitte: 51°33'00.30"N 06°34'04.24"E

Anlage 2 Rammsondierungen

Anlage 2.1 Tabelle mit Ergebnissen der Rammsondierungen

Sondiererergebnisse Schläge je 10 cm Eindringung, DPL-5

Tiefe m	RH1	RH2	RH3	RH4	RH5
0,1	1	1	1	1	1
0,2	2	2	2	3	2
0,3	3	4	2	3	2
0,4	3	4	4	3	3
0,5	5	5	5	4	7
0,6	7	6	5	5	7
0,7	7	6	5	5	6
0,8	6	7	4	4	6
0,9	7	7	4	4	5
1,0	7	7	6	5	5
1,1	6	8	4	7	3
1,2	5	7	4	10	4
1,3	5	6	5	10	3
1,4	7	8	9	8	5
1,5	7	9	10	13	5
1,6	9	10	9	12	5
1,7	9	9	8	10	5
1,8	10	8	7	12	7
1,9	11	8	11	15	9
2,0	9	9	23	21	8
2,1	9	8	13	17	8
2,2	10	12	8	13	9
2,3	13	14	10	11	11
2,4	11	13	12	12	9
2,5	12	11	19	12	10
2,6	10	8	14	11	8
2,7	8	6	13	11	12
2,8	9	5	14	13	12
2,9	9	7	11	11	17
3,0	8	7	8	12	18
3,1	9	7	7	9	27
3,2	11	8	9	9	23
3,3	12	8	10	7	22
3,4	13	11	9	7	21
3,5	11	7	8	8	22
3,6	10	8	11	10	23
3,7	12	9	13	10	23
3,8	11	7	14	11	17
3,9	11	8	15	11	18
4,0					

Anlage 2.2 Rammdiagramme

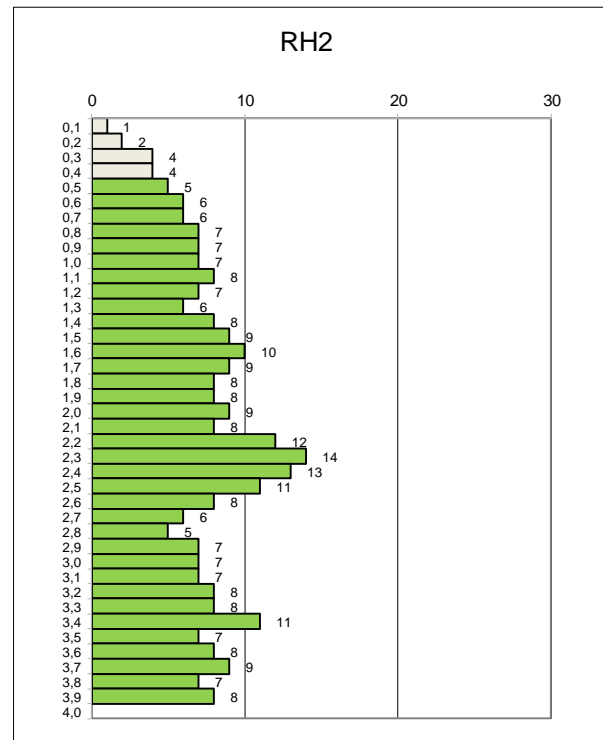
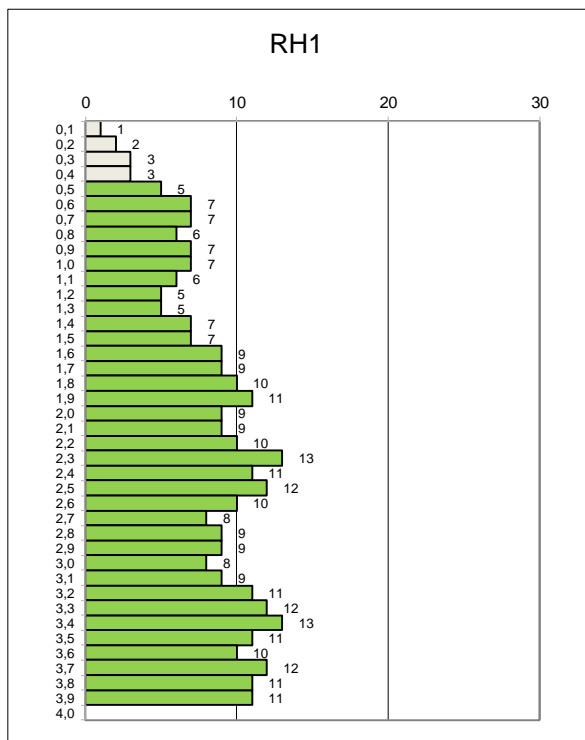
Sonde DPL-5

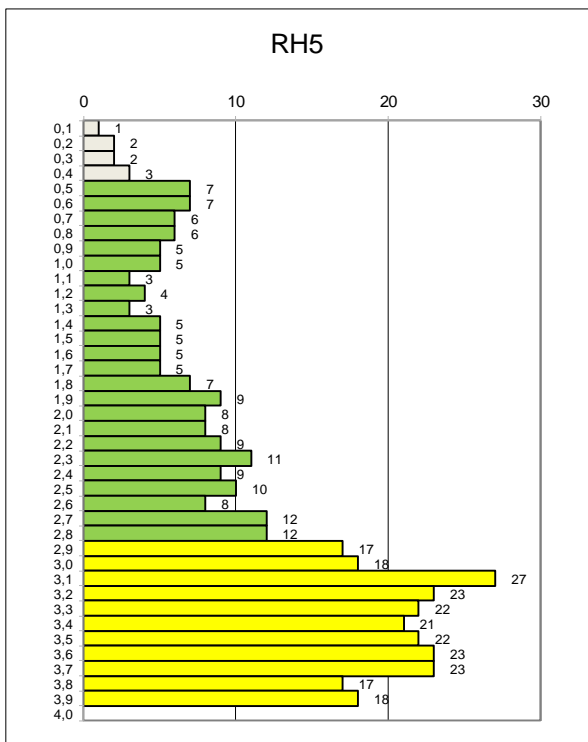
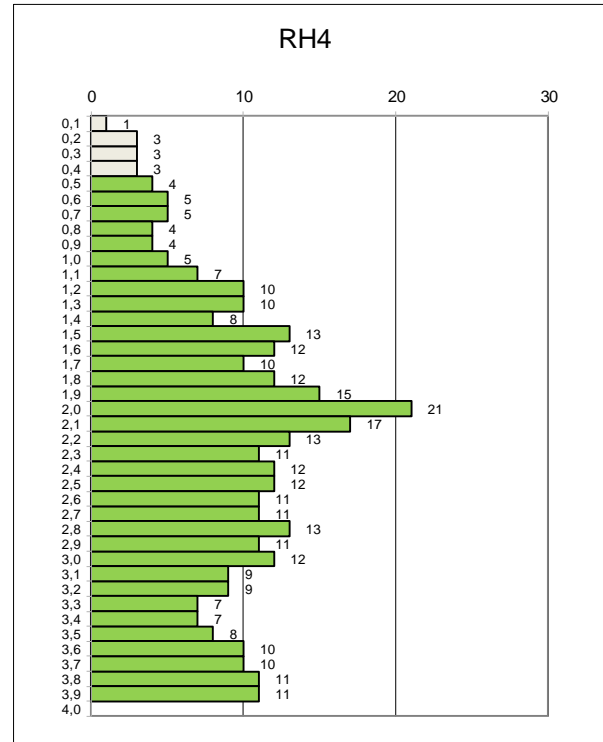
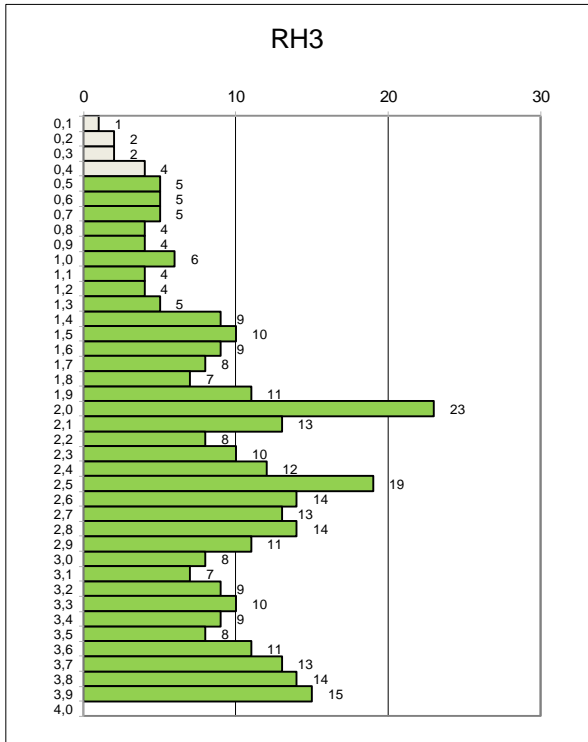
Erläuterung: Die Balkendiagramme zeigen die notwendige Anzahl der Schläge je 10 cm Eindringung, aufgetragen über die Tiefe. Für die Gründung bedeuten:

- Fall A Die Sondierung wurde deutlich tiefer als die spätere Gründung geführt. Das heißt, dass kein Rammhindernis für den Pfosten an dieser Stelle zu erwarten ist. Die notwendige Gründungstiefe wird für diesen Boden berechnet.
- Fall B Die Sondierung endet plötzlich mit einem hohen Rammwiderstand in geringerer Tiefe als der spätere Pfosten.
Das heißt, dass ein Rammhindernis an dieser Stelle liegt, das auch für den Pfosten undurchdringbar ist.
- Fall C Die Sondierung endet mit sukzessiv ansteigendem Widerstand in geringerer Tiefe als der spätere Pfosten.
Das heißt, dass der Boden nach unten rasch härter wird. Dünnwandige Blechprofile können etwa so tief gerammt werden wie die Rammsondierung geführt wurde, schlanke dickwandige Profile können evtl. einige Dezimeter tiefer gerammt werden und entwickeln dann hohe Haltekräfte.

Legende zur Farbgebung in den Diagrammen:

- Schicht **S1** Oberboden
- Schicht **S2** Sand, locker gelagert
- Schicht **S2** Sand, mitteldicht gelagert





Anlage 3 Bodenkennwerte der erkundeten Schichten und Klassifizierung der Eignung für gerammte Pfosten

Schicht **S1**: Oberboden

(Feinsand, schwach mittelsandig, häufig schwach grobsandig, schwach kiesig, schwach schluffig bis teilweise schluffig)

Farbe: braun bis dunkelbraun

Mächtigkeit 0,4 m

sehr locker gelagert

Wichte γ cal.	Reibungswinkel φ cal.	Kohäsion c' cal	Steife vertikal Es v	Steife horizontal Es h	Mantelreibung (Bruchwert)
kN/m ³	°	kN/m ²	MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²
17,0	30,0	1	10	15	0,015

Der Boden entspricht der Bodenklasse 1 / 3 (nach DIN 18300-2012).

Schicht **S2**: Sand

(meist Feinsand, schwach mittelsandig, schwach kiesig bis stellenweise kiesig, selten schwach grobsandig)

(stellenweise Mittel-bis Grobsand, feinsandig, kiesig)

Farbe: braun bis hellbraun, meist sehr schwach rötlich, bei hohem Grobsandanteil gräulich hellbraun

meist locker gelagert, in höheren Tiefen teilweise mitteldicht

Wichte γ cal.	Reibungswinkel φ cal.	Kohäsion c' cal	Steife vertikal Es v	Steife horizontal Es h	Mantelreibung (Bruchwert)
kN/m ³	°	kN/m ²	MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²
18,0	30,0	0	20	25	0,022

Der Boden entspricht der Bodenklasse 3 (nach DIN 18300-2012).

Bodenart	Bindiger Boden (Ton und Schluff)	Rolliger Boden (Sand und Kies)	Grob-körniger Boden (Kies und Steine)	Mischboden mit unterschiedlichen Korngrößen	Fels (stark verwittert)	Fels (kompakt)	Boden künstlich aufgefüllt
Vorkommen, Anteil an Gesamtfläche	n.v.	Schicht S2 , unterhalb der Schicht S1 (im gesamten Untersuchungsgebiet)	n.v.	Schicht S1 (im gesamten Gebiet an der Oberfläche)	n.v.	n.v.	n.v.
Rammbbarkeit		Gut		Sehr gut			
Rammhindernisse vorhanden		nein		nein			
Vorstechen / Vorbrechen / Vorbohren erforderlich		nein		nein			
Boden korrosiv gegen verzinkten Stahl				Siehe Anlage 4			
Grundwasser		Deutlich unter 2,0 m		Deutlich unter 2,0 m			
Hangneigung				1°			
Haltekräfte des Bodens gegen vertikale und horizontale Lasten		Hor.: gering - mittel Vert.: mittel		Hor.: gering - mittel Vert.: gering - mittel			
Befahrbarkeit R: Radfahrzeug K: Kettenfz.				R: gut K: sehr gut			
Bewuchs				Feldfrüchte			

n.v. nicht vorhanden o.B. vorhanden, aber für die Gründung ohne Bedeutung

Anlage 4 Chemische Laboruntersuchungen

Anlage 4.1 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen der Bodenproben RC1 Co und RC2 Co

RC1 Co:



Quality of Life

WESSLING GmbH
Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82 · 81739
München
www.wessling.de

WESSLING GmbH, Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82, 81739 München

ConSoGeol GmbH & Co. KG
Frau Barroy Catherine
St.-Martin-Straße 11
86551 Aichach OT Untermauerbach

Geschäftsfeld: Wasser
Ansprechpartner: K. Schrott
Durchwahl: +49 89 829969 54
E-Mail: Katharina.Schrott@wessling.de

Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CMU23-004662-1

Datum: 19.06.2023

Auftrag Nr.: CMU-01553-23

Auftrag: Enni Rheinberger Heide

Katharina Schrott
Sachverständige Umwelt und Wasser
M. Sc. Umweltplanung und Ingenieurökologie

Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.
Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:
Anna Weßling,
Sven Polenz,
HRB 1953 AG Steinfurt



Quality of Life

WESSLING GmbH
 Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82 · 81739
 München
 www.wessling.de

Probeninformation

Probe Nr.	23-077892-01
Bezeichnung	RC1
Probenart	Boden
Probenahme	30.05.2023
Zeit	13:30
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	SIH
Probengefäß	1x Tüte
Eingangsdatum	02.06.2023
Untersuchungsbeginn	02.06.2023
Untersuchungsende	19.06.2023

Probenvorbereitung gem. DIN 4030-2

	23-077892-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Lufttrocknung (40°C)	ja			DIN 19747 (2009-07)	AL
Mahlen < 90 µm	13.06.2023			DIN 19747 (2009-07)	AL
Salzsäureheißextrakt	15.06.23			DIN 4030-2 (2008-06)	AL
25:1 Eluat	13.06.2023			DIN 4030-2 (2008-06)	AL

Probenvorbereitung gem. DIN 50929-3

	23-077892-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Fraktion > 5mm	126	g	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
4:1 Eluat	07.06.2023			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 3	AL
Salzsäureauszug	06.06.2023			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 4	AL

Messparameter gem. DIN 4030-2

Im salzsauren Heißextrakt

	23-077892-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, heiß HCl-löslich	5.200	µg/l	SalzHE xtr	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Im 25:1 Eluat

	23-077892-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Chlorid (Cl)	<1	mg/l	EL 25:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.
 Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:
 Anna Weßling,
 Sven Polenz
 HRB 1953 AG Steinfurt



Quality of Life

WESSLING GmbH
 Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82 · 81739
 München
 www.wessling.de

Messparameter gem. DIN 50929-3

Im 4:1 Eluat

	23-077892-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert vor Titration	7,94		EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	1,46	mmol/l	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Titrationstemperatur (Säure 4,3)	22,01	°C	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Chlorid (Cl)	<1	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL
Sulfat (SO ₄)	1,2	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Im salzsauren Auszug

	23-077892-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, HCl-löslich	5.660	µg/l	Salzsausz	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Kriterien gem. DIN 4030-2

	23-077892-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Säuregrad nach Baumann-Gully	23	ml/kg	L-TS <2	DIN 4030-2 (2008-06)	AL
Sulfat, heiß HCl-löslich	390	mg/kg	L-TS	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Chlorid (Cl)	<25	mg/kg	L-TS	Berechnung aus Cl gem. DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Kriterium gem. DIN 4030-2, DIN 50929-3

	23-077892-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfid (S)	8,8	mg/kg	L-TS	DIN 4030-2 mod. (2008-06)	AL

Kriterien gem. DIN 50929-3

	23-077892-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Abschlammbare Bestandteile	18	Gew%	TS <5	DIN 50929-3 (2018-03)	*
Wassergehalt (105°C)	9,8	Gew%	OS <5	DIN EN 15934 (2012-11)A	AL
pH-Wert (50 %-ige Aufschlammung)	8,2		OS <5	DIN EN 15933 mod. (2012-11)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	6,5	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus SK4.3 gem. DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Basekapazität, pH 7,0	n. a.	mmol/kg	TS <5	DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 5	AL
Sulfat, HCl-löslich	1,94	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Neutralsalze (Cl + 2*SO ₄), gelöst incl. 1/2BG	0,2	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus Messung gem. DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:
 Anna Weßling,
 Sven Polenz
 HRB 1953 AG Steinfurt



Quality of Life

WESSLING GmbH
 Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82 · 81739
 München
 www.wessling.de

23-077892-01

Kommentare der Ergebnisse:

Bk 7,0 (F min) Potentiometrie 50929-3 - R, Basekapazität, pH 7,0: n.a.: Die Probe ist nicht analysierbar. Der pH-Wert der Probe liegt entweder über (Basekapazität) oder unter (Säurekapazität) dem angestrebten Titrationsendpunkt.

Bk 7,0 (F min) Potentiometrie 50929-3 - R, Volumen Natriumhydroxid (NaOH): Der pH-Wert ist >7,0.

Norm

DIN ISO 22036 mod. (2009-06)

DIN 4030-2 mod. (2008-06)

DIN EN 15933 mod. (2012-11)

Modifikation

Aufschluss: Salzsäure/Zinnchlorid-Gemisch (18%HCl, 1% Sn(II)Cl) + Zinkpulver & anschließende elektrochemische Bestimmung gem. DIN 38405-27 (D27) (2017-10)
 Bestimmung in 10:1 Aufschlammung aus < 5mm Fraktion der Originalsubstanz

Legende

aS ausführender Standort

EL 25:1 EL 25:1

L-TS <2 L-TS <2

OS <5 OS <5

n. a. nicht analysiert (chemisch),
 nicht auswertbar
 (mikrobiologisch)

OS Originalsubstanz

EL 4:1 EL 4:1

L-TS Luftrockensubstanz

n. n. nicht nachgewiesen
 (chemisch), nicht nachweisbar
 (mikrobiologisch)

AL WESSLING GmbH Altenberge

SalzHEx SalzH Extr

tr

SalzAu SalzsAusz

sz

TS <5 TS <5

n. b. nicht bestimmbar

***** Kooperationspartner

Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.
 Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:
 Anna Weßling,
 Sven Polenz
 HRB 1953 AG Steinfurt

RC2 Co:



Quality of Life

WESSLING GmbH
Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82 · 81739
München
www.wessling.de

WESSLING GmbH, Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82, 81739 München

ConSoGeol GmbH & Co.KG
Frau Barroy Catherine
St.-Martin-Straße 11
86551 Aichach OT Untermuerbach

Geschäftsfeld: Wasser
Ansprechpartner K. Schrott
Durchwahl: +49 89 829969 54
E-Mail: Katharina.Schrott@wessling.de

Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CMU23-004663-1

Datum: 19.06.2023

Auftrag Nr.: CMU-01553-23

Auftrag: Enni Rheinberger Heide

Katharina Schrott
Sachverständige Umwelt und Wasser
M. Sc. Umweltplanung und Ingenieurökologie

Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.
Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:
Anna Wessling,
Sven Potenz
HRB 1953 AG Steinfurt



WESSLING GmbH
 Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82 · 81739
 München
 www.wessling.de

Probeninformation

Probe Nr.	23-077892-02
Bezeichnung	RC2
Probenart	Boden
Probenahme	30.05.2023
Zeit	13:30
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	SIH
Probengefäß	1x Tüte
Eingangsdatum	02.06.2023
Untersuchungsbeginn	02.06.2023
Untersuchungsende	19.06.2023

Probenvorbereitung gem. DIN 4030-2

	23-077892-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Lufttrocknung (40°C)	ja			DIN 19747 (2009-07)	AL
Mahlen < 90 µm	13.06.2023			DIN 19747 (2009-07)	AL
Salzsäureheißeextrakt	15.06.23			DIN 4030-2 (2008-06)	AL
25:1 Eluat	13.06.2023			DIN 4030-2 (2008-06)	AL

Probenvorbereitung gem. DIN 50929-3

	23-077892-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Fraktion > 5mm	15	g	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
4:1 Eluat	07.06.2023			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 3	AL
Salzsäureauszug	06.06.2023			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 4	AL

Messparameter gem. DIN 4030-2

Im salzsauren Heißeextrakt

	23-077892-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, heiß HCl-löslich	5.240	µg/l	SalzHE xtr	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Im 25:1 Eluat

	23-077892-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Chlorid (Cl)	<1	mg/l	EL 25:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.
 Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:
 Anna Weßling,
 Sven Polenz
 HRB 1953 AG Steinfurt



Quality of Life

WESSLING GmbH
 Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82 · 81739
 München
 www.wessling.de

Messparameter gem. DIN 50929-3

Im 4:1 Eluat

	23-077892-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert vor Titration	7,51		EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	0,622	mmol/l	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Titrationstemperatur (Säure 4,3)	22,23	°C	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Chlorid (Cl)	3,4	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL
Sulfat (SO ₄)	2,2	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Im salzsauren Auszug

	23-077892-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, HCl-löslich	5.280	µg/l	SalzsAusz	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Kriterien gem. DIN 4030-2

	23-077892-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Säuregrad nach Baumann-Gully	60	ml/kg	L-TS <2	DIN 4030-2 (2008-06)	AL
Sulfat, heiß HCl-löslich	390	mg/kg	L-TS	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Chlorid (Cl)	<25	mg/kg	L-TS	Berechnung aus Cl gem. DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Kriterium gem. DIN 4030-2, DIN 50929-3

	23-077892-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfid (S)	5,1	mg/kg	L-TS	DIN 4030-2 mod. (2008-06)	AL

Kriterien gem. DIN 50929-3

	23-077892-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Abschlammbare Bestandteile	25	Gew%	TS <5	DIN 50929-3 (2018-03)	*
Wassergehalt (105°C)	10,7	Gew%	OS <5	DIN EN 15934 (2012-11) A	AL
pH-Wert (50 %-ige Aufschlammung)	7,5		OS <5	DIN EN 15933 mod. (2012-11)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	2,8	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus SK4,3 gem. DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Basekapazität, pH 7,0	n. a.	mmol/kg	TS <5	DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 5	AL
Sulfat, HCl-löslich	1,85	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Neutralsalze (Cl + 2*SO ₄), gelöst incl. ½BG	0,6	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus Messung gem. DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:
 Anna Weßling,
 Sven Polenz
 HRB 1953 AG Steinfurt



Quality of Life

WESSLING GmbH
 Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82 · 81739
 München
 www.wessling.de

23-077892-02

Kommentare der Ergebnisse:

Bk 7,0 (F min) Potentiometrie 50929-3 - R, Basekapazität, pH 7,0: n.a.: Die Probe ist nicht analysierbar. Der pH-Wert der Probe liegt entweder über (Basekapazität) oder unter (Säurekapazität) dem angestrebten Titrationsendpunkt.

Bk 7,0 (F min) Potentiometrie 50929-3 - R, Volumen Natriumhydroxid (NaOH): Der pH-Wert ist >7,0.

Norm

DIN ISO 22036 mod. (2009-06)

DIN 4030-2 mod. (2008-06)

DIN EN 15933 mod. (2012-11)

Modifikation

Aufschluss: Salzsäure/Zinnchlorid-Gemisch (18%HCl, 1% Sn(II)Cl) + Zinkpulver & anschließende elektrochemische Bestimmung gem. DIN 38405-27 (D27) (2017-10)
 Bestimmung in 10:1 Aufschlämmung aus < 5mm Fraktion der Originalsubstanz

Legende

aS ausführender Standort

EL 25:1 EL 25:1

L-TS <2 L-TS <2

OS <5 OS <5

n. a. nicht analysiert (chemisch),
 nicht auswertbar
 (mikrobiologisch)

OS Originalsubstanz

EL 4:1 EL 4:1

L-TS Luftrockensubstanz

n. n. nicht nachgewiesen
 (chemisch), nicht nachweisbar
 (mikrobiologisch)

AL WESSLING GmbH Altenberge

SalzHEx SalzHExtr

tr

SalzAu SalzsAusz

sz

TS <5 TS <5

n. b. nicht bestimmbar

***** Kooperationspartner

Anlage 4.2 Analyse hinsichtlich Stahlaggressivität nach DIN 50929

RC1 Co:

Anlage: Bewertung der Stahlaggressivität von Boden

nach **DIN 50929 Teil 3**: Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung (Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern)

Auswertung für Probennummer:

23-077892-01

RC1 Co

Merkmal und Messgröße	Einheit	Analyse	Bewertungszahl
(1) Abschlämbbare Bestandteile (a) Verunreinigungen (Torf, Moor, Schlacken, Dünger, etc.)?	Ma%	18,0	Z ₁ = 2
		nein	
(3) Wassergehalt	Ma%	9,8	Z ₃ = 0
(4) pH-Wert		8,2	Z ₄ = 0
(5+6) Pufferkapazität (berechnet) Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/kg	6,5	Z ₅ = 0
Basekapazität bis pH 7,0	mmol/kg	n.a.	Z ₆ = 0
(7) Sulfid (S²⁻)	mg/kg	8,8	Z ₇ = -3
(9) Neutralsalze (wässriger Auszug) c(Cl ⁻) + 2c(SO ₄ ²⁻)	mmol/kg	0,2	Z ₉ = 0
(8) Sulfat (SO₄²⁻ im salzsauren Auszug)	mmol/kg	1,9	Z ₈ = 0

Örtliche Gegebenheiten:	Bewertungszahl
(2) spezifischer elektrischer Bodenwiderstand 402 Ω*m	Z ₂ = 2
(10) Lage des Objektes zum Grundwasser	Z ₁₀ = 0
(12) Bodenhomogenität vertikal (Bodenwiderstand)	Z ₁₂ = 0
(13) Bodenhomogenität - Bettung homogen (artgleicher Boden), dann Z ₁₃ = 0 inhomogen (bodenfremde Bestandteile, z.B. Holz, Wurzeln, Verunreinigungen), dann Z ₁₃ = -6	Z ₁₃ = 0
(14) Bodenhomogenität - unterschiedliche pH-Werte	Z ₁₄ = 0

Bewertungszahlsumme B₀=

1

Bewertungszahlsumme B₁=

1

Einschätzung/Beurteilung:

Der Boden ist in die Bodenklasse

I a

einzuordnen, die Korrosionsbelastung ist

sehr niedrig

(B₀= **1**)

Die Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und

niedriglegierten Eisenwerkstoffen ist

sehr gering

bezüglich der Mulden- und

Lochkorrosion und

sehr gering

bezüglich der Flächenkorrosion.

(B₁= **1**)

Die o.g. Auswertung bezieht sich vor allem auf die chemischen Analysenwerte und einige vor-Ort Parameter.

Aichach

30.07.2024

R. Flötzer

Ort

Datum

Sachbearbeiter

ConSoGeol

GmbH & Co. KG

RC2 Co:

Anlage: Bewertung der Stahlaggressivität von Boden

nach DIN 50929 Teil 3: Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe
 bei äußerer Korrosionsbelastung
 (Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern)

Auswertung für Probennummer:

23-077892-02

RC2 Co

Merkmal und Messgröße	Einheit	Analyse	Bewertungszahl
(1) Abschlämbare Bestandteile (a) Verunreinigungen (Torf, Moor, Schlacken, Dünger, etc.)?	Ma%	25,0	Z ₁ = 2
		nein	
(3) Wassergehalt	Ma%	10,7	Z ₃ = 0
(4) pH-Wert		7,5	Z ₄ = 0
(5+6) Pufferkapazität (berechnet) Säurekapazität bis pH 4,3 Basekapazität bis pH 7,0	mmol/kg		
	mmol/kg	2,8	Z ₅ = 0
	mmol/kg	n.a.	Z ₆ = 0
(7) Sulfid (S²⁻)	mg/kg	5,1	Z ₇ = -3
(9) Neutralsalze (wässriger Auszug) c(Cl ⁻) + 2c(SO ₄ ²⁻)	mmol/kg		
		0,6	Z ₉ = 0
(8) Sulfat (SO₄²⁻ im salzsauren Auszug)	mmol/kg	1,9	Z ₈ = 0

Örtliche Gegebenheiten:	Bewertungszahl
(2) spezifischer elektrischer Bodenwiderstand 332 Ω*m	Z ₂ = 2
(10) Lage des Objektes zum Grundwasser	Z ₁₀ = 0
(12) Bodenhomogenität vertikal (Bodenwiderstand)	Z ₁₂ =
(13) Bodenhomogenität - Bettung homogen (artgleicher Boden), dann Z ₁₃ = 0 inhomogen (bodenfremde Bestandteile, z.B. Holz, Wurzeln, Verunreinigungen), dann Z ₁₃ = -6	Z ₁₃ = 0
(14) Bodenhomogenität - unterschiedliche pH-Werte	Z ₁₄ = 0

Bewertungszahlsumme B₀=

1

Bewertungszahlsumme B₁=

1

Einschätzung/Beurteilung:

Der Boden ist in die Bodenklasse **I a** einzuordnen, die Korrosionsbelastung ist **sehr niedrig**.
 (B₀= **1**)

Die Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen ist **sehr gering** bezüglich der Mulden- und Lochkorrosion und **sehr gering** bezüglich der Flächenkorrosion.
 (B₁= **1**)

Die o.g. Auswertung bezieht sich vor allem auf die chemischen Analysenwerte und einige vor-Ort Parameter.

Aichach
Ort

30.07.2024
Datum

R. Flötzer
Sachbearbeiter

ConSoGeol
GmbH & Co. KG

Bewertung stahlkorrosiver Eigenschaften gemäß DIN 50929

Für die Bodenproben RC1 Co und RC2 Co (Standorte RC1 und RC2, Labornummern 23-077892-01 und -02) wird die Korrosionsbelastung als **sehr niedrig** eingestuft (Bodenklasse I a, $B_0 = 1$).

Die Analysen und Beurteilungen für die bei Stahl-Rammpfosten relevante Wahrscheinlichkeit der Flächenkorrosion gegenüber unlegierten bzw. niedrig legierten Eisenwerkstoffen ergibt die Einstufung **sehr gering**, bezüglich der Mulden- und Lochkorrosion gegenüber unlegierten bzw. niedrig legierten Eisenwerkstoffen ergibt sich die Einstufung sehr gering.

Für die Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit von verzinkten Stahlprofilen ist nur die Oberflächenkorrosion relevant, die in allen oben genannten Fällen nur sehr gering ist.

Damit sind normalerweise keine besonderen Vorkehrungen gegen korrosive Bedingungen erforderlich.

Lediglich im Fall der flächenhaften Verletzung der Zinkschicht bis auf den unterlagernden Stahl ist mit der Ausbildung von elektrochemisch wirksamen Lokalelementen und damit mit relativ rascher Korrosion zu rechnen. Bei nur kleinen Kratzern bis ca. 5 mm Breite ist jedoch noch keine Korrosion am Stahl zu erwarten, da unter diesen Umständen die sog. „Opferanodenwirkung“ zwischen dem Stahl und der Zinkschicht in Gang gesetzt wird und der Stahl dadurch von tiefer gehender Korrosion verschont bleibt.

Ob ein besonderer Korrosionsschutz der Pfosten erforderlich ist oder nicht, muss endgültig vom Hersteller des Stahlgestells festgelegt werden. Gleiches gilt für die Art der Schutzmaßnahmen.

Hinweis: Vermeiden Sie metallische Verbindungen (innerhalb und außerhalb des Bodens) zwischen dem verzinkten Stahl und anderen Metallen im Boden. Dies ist besonders für Kupferteile wichtig! Jeder derartige Kontakt erhöht die Korrosivität gegenüber dem verzinkten Stahl auf ein vielfach höheres Niveau als sonst. Eine solche Verbindung zu einem edleren Metall wird ein elektro-chemisches Element (Batterie) bilden und das weniger edle Metall (Zink und Stahl) wird bis zur Auflösung korrodieren.


Anlage 4.3 Analyse hinsichtlich Betonaggressivität nach DIN 4030

RC1 Co:

Anhang C

Prüfungen und Beurteilung von Böden

DIN 4030-2:2008-06


Prüfbericht		Probenahme und Bodenanalyse nach DIN 4030 Teil 2	
über die Prüfung und Beurteilung von betonangreifendem Boden			
1. Allgemeine Angaben			
Auftraggeber: Enni Solar		Auftrags-Nr.: CMU-01553-23	
Bauvorhaben: Rheinberger Heide 23263-7		Probe-Nr.: 23-077892-01	
Art des Bodens:		Bezeichnung des Bodens:	
Entnahmestellen: RC1 Co		Entnahmetiefe: Entnahmemenge:	
Entnahmezeit:		Entnahmedatum: 30.05.2023	
2. Erweiterte Angaben			
Beschreibung der Geländeverhältnisse am Entnahmeort: Ackerfläche			
Ort, Datum:		Probennehmer: St. Hurler	
Probeneingang		Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030 Teil 1	
Bestandteil	Prüfergebnis	schwach angreifend	stark angreifend
Säuregrad nach Baumann-Gully	23 ml/kg	> 200	-
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	390 mg/kg	2000 bis 5000	> 5000
Sulfid (S ²⁻)	8,8 mg/kg	- a)	-
Chlorid	<25 mg/kg	-	-
a) Bei Sulfidgehalten von > 100 mg S ²⁻ /kg Boden ist eine gesonderte Beurteilung durch einen Fachmann erforderlich.			
3. Beurteilung			
Der Boden gilt als nicht betonangreifend.			
Aichach	30.07.2024	R. Flötzer	
Ort	Datum	Sachbearbeiter	
			

RC2 Co:

Anhang C

Prüfungen und Beurteilung von Böden

DIN 4030-2:2008-06

Prüfbericht		Probenahme und Bodenanalyse nach DIN 4030 Teil 2	
über die Prüfung und Beurteilung von betonangreifendem Boden			
1. Allgemeine Angaben			
Auftraggeber:	Enni Solar	Auftrags-Nr.:	CMU-01553-23
Bauvorhaben:	Rheinberger Heide 23263-7	Probe-Nr.:	23-077892-02
Art des Bodens:		Bezeichnung des Bodens:	
Entnahmestellen:	RC2 Co	Entnahmetiefe:	
Entnahmezeit:		Entnahmemenge:	
		Entnahmedatum:	30.05.2023
2. Erweiterte Angaben			
Beschreibung der Geländeverhältnisse am Entnahmeort: Ackerfläche			
Ort, Datum:		Probennehmer: St. Hurler	
Probeneingang		Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030 Teil 1	
Bestandteil	Prüfergebnis	schwach angreifend	stark angreifend
Säuregrad nach Baumann-Gully	60 ml/kg	> 200	-
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	390 mg/kg	2000 bis 5000	> 5000
Sulfid (S ²⁻)	5,1 mg/kg	- a)	-
Chlorid	<25 mg/kg	-	-
a) Bei Sulfidgehalten von > 100 mg S ²⁻ /kg Boden ist eine gesonderte Beurteilung durch einen Fachmann erforderlich.			
3. Beurteilung			
Der Boden gilt als nicht betonangreifend.			
Aichach	30.07.2024	R. Flötzer	
Ort	Datum	Sachbearbeiter	

Anlage 5 Ermittlung der erforderlichen Rammtiefen

Kann 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 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 von uns berechnet werden.

Die Bestimmung der Rammtiefe wird in bestimmten Fällen in Form von Ergänzungsberichten geliefert.

Haftungsausschluss!

Sofern die Rammtiefenermittlung, auch auf Basis des vorstehenden Gutachtens, nicht durch ConSoGeol GmbH & Co. KG, sondern durch Dritte erfolgt, übernimmt ConSoGeol GmbH & Co. KG für diese Rammtiefenfestlegung keine Verantwortung.