

Solarpark

Roßlaich

Gemeinden Peißenberg und Polling

Weilheim-Schongau, Bayern

Deutschland

Gutachten zur Ermittlung der erforderlichen Rammtiefe für Stahlprofile als Gründungselemente

Auftraggeber

Energiegenossenschaft Oberland eG

Ludwigstraße 63

D-82380 Peißenberg

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, Júlia Obermüller

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
 - 5.6.1 Hinweis zur Herstellung von Baustraßen im östlichen Teil der Untersuchungsfläche
 - 5.6.2 Hinweis zur Herstellung von Baustraßen in den zentralen und westlichen Teilen der Untersuchungsfläche
 - 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 : 10.000
 - Anlage 1.4 Lageplan der Sondierungen Maßstab 1 : 4.000
- 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 Photodokumentation

Anlage 5 Chemische Laboruntersuchungen

Anlage 5.1 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen der Bodenproben R02 Co und R05 Co

Anlage 5.2 Analyse hinsichtlich Stahlaggressivität nach DIN 50929

Anlage 5.3 Analyse hinsichtlich Betonaggressivität nach DIN 4030

Anlage 6 Ermittlung der erforderlichen Rammtiefen

1 Lage und Vorgang, geologische Situation

Die ConSoGeol GmbH & Co. KG wurde am 13.03.2023 beauftragt, die Untersuchungen zur Ermittlung der Rammtiefe für die Gründung von Photovoltaik-Tischen gemäß Angebot vom 13.03.2023 durchzuführen.

Die Arbeiten erfolgten vor Ort in KW 19/2023 (Entnahme von Bodenproben, geologische Feldaufnahme und Rammsondierungen).

Es wurden nach geologischer Aufnahme des Untersuchungsgebietes insgesamt 6 Rammsondierungen mit der leichten Rammsonde (Ergebnisse im Detail siehe Anlage 2), 3 Sondierungen mit der Schlitzsonde 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).

Bei der geplanten Anlage handelt es sich um eine Agri-Photovoltaik-Anlage, die ca. 1,8 km südwestlich von Polling und ca. 3,8 km nordöstlich von Peißenberg liegt. Der östliche Teil der Untersuchungsfläche (gelb umrandeter Bereich in der Anlage 1.4) liegt in der Gemeinde Polling, die zentralen und westlichen Teile (restlicher Bereich) liegen in der Gemeinde Peißenberg. Die Projektfläche liegt ca. 5,2 km südwestlich von Weilheim (in Oberbayern). Die Bundesstraße 472 verläuft wenige Meter südlich der Südgrenze des Untersuchungsgebietes. Die Bahnstrecke Weilheim-Peißenberg verläuft ca. 2,0 km nordwestlich der Projektfläche. Die Ammer mit ihrem mäandrierenden Flusslauf fließt wenige Meter östlich der Ostgrenze.

Zum Zeitpunkt der Untersuchung befanden sich auf dem Feld hohes Gras und Wildblumen. Die Untersuchungsfläche im gelb umrandeten Bereich ist meistens nahezu eben. Im nordöstlichen Teil des gelb umrandeten Bereiches lässt sich eine leichte Neigung um max. 2° nach Südwesten feststellen. Der Punkt R02 ist der tiefste Punkt in dieser Teilfläche. Der restliche Bereich (Bereich, in dem sich die Punkte R03 – R06 befinden) ist leicht wellig und weist Neigungen um bis zu ca. 4° hauptsächlich nach Osten und Westen auf. Im Bereich des Punktes R04 ist die Fläche um ca. 4° nach Osten geneigt. Der höchste Punkt des restlichen Bereiches liegt im blau umrandeten Bereich in der Anlage 1.4. Dieser Bereich, in dem sich Bäume befinden, soll laut Auftraggeber nicht bebaut werden. Der restliche Bereich (die zentralen und westlichen Teile der Fläche) sind von mehreren unterirdischen Drainagen in verschiedenen Richtungen durchzogen.

Geologisch gesehen liegt das Untersuchungsgebiet im subalpinen Jungmoränenland im Alpenvorland. Dieser Bereich war in der Würm-Eiszeit von Gletscher bedeckt. Glaziale und postglaziale Ablagerungen sind im Untergrund zu finden. Laut Geologischer Karte (siehe Anlage 1.3) steht in den zentralen und westlichen Teilen des Untersuchungsgebietes pleistozäner Geschiebemergel, der aus kiesigem bis blockigem oder tonigem bis sandigem Schluff besteht, an.

Im östlichen Teil der Projektfläche befinden sich laut Geologischer Karte ältere Auenablagerungen, die aus Sand und Kies bestehen und eine der sogenannten Postglazialterrassen bilden. Diese Sedimente sind z.T. von einer quartären Flusslehmschicht überdeckt. Laut Geologischer Karte kommt auch eine holozäne Torfüberdeckung aus Niedermoortorf im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes vor.

Bei den Feldarbeiten wurde im östlichen Teil der Untersuchungsfläche (Bereich, in dem sich die Punkte R01 und R02 befinden, siehe gelb markierter Bereich in der Anlage 1.4) dunkelbrauner bis schwarzer, weicher Torf angetroffen (= Schicht **S1**). Darunter folgt in diesem Bereich brauner Flusslehm steifer bis halbfester Konsistenz (= Schicht **S2**), der aus tonigem Schluff besteht.

In den zentralen und westlichen Teilen des Untersuchungsgebietes (im Bereich, in dem sich die Punkte R03 – R06 befinden, siehe Anlage 1.4) wurde weicher Geschiebelehm /-mergel aus tonigem Schluff, der stellenweise schwach feinsandig bis feinsandig ist (= Schicht **S3**), angetroffen. Nah an der Oberfläche ist Schicht **S3** dunkelbraun; tiefer ist sie hellgelblich/beige und kalkhaltig. Unter der Schicht **S3** folgt in diesem Bereich gelber Geschiebemergel aus stark kalkhaltigem, tonigem, schluffigem Feinsand (= Schicht **S4**). Diese Schicht ist mitteldicht bis dicht gelagert.

Aufgrund der Lage im eiszeitlichen Glazialbereich besteht in seltenen Fällen die Möglichkeit, dass der Untergrund Findlinge enthält. Findlinge (Fachausdruck: erratische Blöcke) sind Steine und Blöcke mit Ausmaßen manchmal bis über 1 m Durchmesser, die vom Gletscher häufig über weite Strecken hinweg transportiert wurden. Findlinge können prinzipiell innerhalb der o.g. glazialen Ablagerungen (Schichten **S3** und **S4**), die in den zentralen und westlichen Teilen der Untersuchungsfläche (im restlichen Bereich, siehe Anlage 1.4) vorkommen, regellos über alle Tiefen verteilt enthalten sein. An den Punkten R05 und R06 wurde ein Rammhindernis jeweils bei 1,9 und 1,1 m unter GOK angetroffen. Dabei handelt es sich vermutlich um erratische Blöcke.

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 Pfahllängen 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 6 Stellen (Bezeichnungen der Aufschlussstellen mit R01 – R06) wurde mittels der leichten Rammsonde die Lagerungsdichte bzw. die Konsistenz des Bodens in Abhängigkeit von der Tiefe geprüft. An 3 Stellen (R02, R05 und R06) wurden Bodenproben mittels der Schlitzsonde entnommen. An den Stellen R02 und R05 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 5).. Die Bodenprobe der Stelle R02 wurde auch hinsichtlich des TOC-Werts (Gesamter organischer Kohlestoff) analysiert.

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. In der Anlage 4 wird eine Photodokumentation dargestellt.

Die Sondieraufschlüsse wurden bis in eine Tiefe zwischen 1,1 und 5,9 m durchgeführt, in der entweder ausreichend hohe Schlagzahlen erreicht oder undurchdringbare Rammhindernisse angetroffen wurden.

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 statt der Rammspitze an geschlossenem Gestänge eine geschlitzte Stange eingerammt, die zwar keine definierte Messung des Rammwiderstandes zulässt, in deren Längsnut aber eine Bodenprobe gewonnen werden kann. 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:

Im östlichen Teil der Untersuchungsfläche (Bereich, in dem sich die Punkte R01 und R02 befinden, siehe gelb markierter Bereich in der Anlage 1.4) wurde Torf angetroffen (= Schicht **S1**). Dieser ist dunkelbraun bis schwarz und weich. Schicht **S1** besitzt eine Mächtigkeit von 0,9 bis 1,8 m. Unter der Schicht **S1** folgt im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes Flusslehm (= Schicht **S2**) aus tonigem Schluff, der eine steife bis halbfeste Konsistenz aufweist. Schicht **S2** ist braun und bis > 5,0 m mächtig.

In den zentralen und westlichen Teilen der Untersuchungsfläche (Bereich, in dem sich die Punkte R03 – R06 befinden, siehe Anlage 1.4) wurde weicher Geschiebelehm /-mergel aus tonigem Schluff, der stellenweise schwach feinsandig bis feinsandig ist (= Schicht **S3**), angetroffen. Nah an der Oberfläche ist Schicht **S3** dunkelbraun und tiefer ist sie hellgelblich / beige. Schicht **S3** besitzt eine Mächtigkeit von 0,8 bis 1,1 m. Stellenweise ist sie kalkhaltig (Geschiebemergel). Darunter folgt in den zentralen und westlichen Teilen des Untersuchungsgebietes gelber Geschiebemergel aus tonigem, schluffigem Feinsand, der stark kalkhaltig ist (= Schicht **S4**). Diese Schicht ist mitteldicht bis dicht gelagert und 0,2 bis > 2,7 m mächtig. An den Punkten R05 und R06 wurde ein Rammhindernis jeweils bei 1,9 und 1,1 m unter GOK angetroffen. Dabei handelt es sich vermutlich um erratische Blöcke, die in glazialen Ablagerungen vorkommen können.

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

Während der Feldarbeit wurde im östlichen Teil des Untersuchungsgebiets (im gelb markierten Bereich in der Anlage 1.4) Wasser an der Oberfläche angetroffen. Es handelt sich dabei um eine vernässte Moorfläche, in der Torf bis 1,8 m unter GOK angetroffen wurde. In den zentralen und westlichen Teilen der Projektfläche wurde stellenweise ebenfalls Wasser ab der Geländeoberkante angetroffen. Aufgrund dieser Beobachtungen, der Lage der Ammer (Fluss) nah an der Ostgrenze des Feldes und des Vorkommens von Niedermoortorf im östlichen Teil der Projektfläche (siehe geologische Karte in der Anlage 1.3) lässt sich feststellen, dass die Grundwasseroberfläche zeitweise bis zur Geländeoberfläche ansteigt.

3 Bewertung der angetroffenen Böden

Im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes (im gelb umrandeten Bereich, siehe Anlage 1.4) erfolgt die Gründung innerhalb der Schichten **S1** (Torf) und **S2** (steifer bis halbfester Flusslehm).

Die erforderlichen Gründungstiefen werden sich im gelb umrandeten Bereich mit sehr geringer (Schicht **S1**) bis mittlerer (Schicht **S2**) Rammenergie erreichen lassen. Dabei besitzt Schicht **S1** nur sehr geringe Haltekräfte gegenüber vertikalen Kräften. Schicht **S2** hingegen lässt eine genügend hohe Konsistenz für die Einleitung der Kräfte aus den Rammpfosten der Solartische erkennen. Der Boden der Schicht **S2** eignet sich gut für die Gründung von Solaranlagen auf Rammpfosten.

Der Torfboden der Schicht **S1** ist aufgrund seiner besonderen bodenmechanischen Eigenschaften (geringe Haltekräfte bei vertikaler Belastung sowie geringe Wichte) für die Errichtung der Solaranlagen-Fundamente als eingeschränkt geeignet einzustufen. Torf kann zwar wegen seiner generell elastischen Struktur durchaus v.a. horizontale Kräfte aus den verwendeten Gründungselementen aufnehmen. Die Gründung wird dabei aber vergleichsweise große elastische Verformungen zeigen. Sie ist in jedem Fall so zu dimensionieren, dass der Bereich der zulässigen elastischen Verformung nicht überschritten werden kann.

Da die im Torf aktivierbaren Haltekräfte umso größer sind, je mehr Oberfläche der Rammpfosten besitzt, wird zur Verwendung von großflächigen Rammpfosten mit möglichst großem Pfostenquerschnitt geraten. Dabei können durchaus vergleichsweise dünnwandige Profile verwendet werden, da Rammhindernisse nicht in nennenswertem Umfang zu erwarten sind. C-Profile und Sigma-Profile sollen im Bereich, in dem Torf vorkommt (im gelb umrandeten Bereich) nicht verwendet werden. Durch ihre geschlossene Form kann es vorkommen, dass beim Rammen der Pfosten den Torf nach unten zusammengequetscht, aber der innere Bereich leer bleibt. Dies würde die Oberfläche des Profils, die im Kontakt mit dem Boden steht, erheblich reduzieren. Omega-, Z- oder IPE-Profile eignen sich besser für die Gründung im Torf.

Aufgrund der oben beschriebenen bodenmechanischen Eigenschaften des Torfes und seiner vergleichsweise großen Schichtmächtigkeit (bis 1,8 m, siehe Rammsondierungen in der Anlage 2.2) werden für den östlichen Teil des Solarfeldes Roßlaich relativ große Gründungstiefen (> 3,0 m) erwartet.

Die in den zentralen und westlichen Teilen des Untersuchungsgebietes angetroffenen Böden eignen sich gut für die Gründung von Solaranlagen auf Rammpfosten. Dort erfolgt die Gründung innerhalb der Schichten **S3** (weicher schluffiger Geschiebelehm / Geschiebemergel) und **S4** (mitteldicht bis dicht gelagerter sandiger Geschiebemergel).

Schicht **S3** lässt sich mit geringer Energie durchhörtern. Dabei besitzt die Schicht **S3** nur geringe Haltekräfte gegenüber vertikalen Kräften.

In der Schicht **S4** ist das Einrammen mit mittlerer bis hoher Rammenergie möglich. Diese Schicht lässt eine genügend hohe Lagerungsdichte bzw. Konsistenz für die Einleitung der Kräfte aus den Rammpfosten der Solartische erkennen.

Theoretisch können die Schichten **S3** und **S4** Findlinge, also größere Steine oder Blöcke, enthalten, die Rammhindernisse darstellen. Zur Vorgehensweise beim Antreffen von undurchdringbaren Rammhindernissen und zur Durchführung von Vorbohrungen siehe Hinweise in Kap. 5.4.

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 6 entnommen werden. Bei der Ermittlung der erforderlichen Rammtiefen für den zentralen und westlichen Teil des Untersuchungsgebietes sollte zwischen einer Rammtiefe beim Antreffen von Rammhindernis und einer Rammtiefe ohne Antreffen von Rammhindernis unterschieden 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 6 zu entnehmen.

Die Ausgangswerte für die Ermittlung der Rammtiefe sind ebenfalls in der Anlage 6 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 R02 und R05 (zur Lage siehe Anlage 1.4) wurden aus Handschürfen die Bodenproben R02 Co und R05 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. Außerdem wurde die Bodenprobe R02 Co hinsichtlich des TOC-Wertes (Gesamter organischer Kohlestoff) nach DIN ISO 10694 analysiert.

Die Analyseergebnisse sind in der Anlage 5 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 Schichten S1, S2 und S3 ist mit deutlich und in Schicht S4 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 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 den zentralen und westlichen Teilen des Feldes (Bereich, in dem sich die Punkte R03 – R06 befinden) ist ein Antreffen von Rammhindernissen in Form von Findlingen innerhalb der Schichten **S3** und **S4** möglich. Die Wahrscheinlichkeit solcher undurchdringbarer Rammhindernisse wird innerhalb des Gründungsniveaus in diesen Bereichen als gering bis mittel (bis zu ca. 20% der Fälle) eingeschätzt.

Im östlichen Teil des Feldes (im gelb umrandeten Bereich in der Anlage 1.4) wurde kein Rammhindernis während der Feldarbeit angetroffen. Das Vorkommen von undurchdringbaren Rammhindernissen innerhalb des Gründungsniveaus wird in diesem Bereich nicht erwartet.

Falls nicht durchstoßbare Rammhindernisse, z. B. in Form größerer Steine / erratischer Blöcke, 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 Ramppfosten.

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). Die Kieskörner sollten einen geringen Rundungsgrad (z.B. eckig – maximal angerundet) besitzen. 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

Vernässte Bereiche sollten generell von der Aufstellung von Trafo- oder Wechselrichterstationen ausgeschlossen werden. Daher ist der gelb umrandete Bereich (siehe Anlage 1.4) nicht für die Aufstellung von Trafo- oder Wechselrichterstationen geeignet.

In den zentralen und westlichen Teilen des Untersuchungsgebietes (im Bereich, in dem sich die Punkte R03 – R06 befinden) wird für die Aufstellung von **Trafo- oder Wechselrichterstationen** auf Bodenplatten empfohlen, im Bereich der geplanten Aufstellflächen ca. 0,2 m des schluffigen Oberbodens abzuschleifen und nach Zwischenlage eines einfachen Geotextils durch eine Schicht aus verdichtungsfähigem Mineralkornmisch 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 planeneben 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 entweder in Richtung einer der schon existierenden Drainagen oder in Richtung einer geeigneten tieferen Stelle 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 < 0,02 m beschränken.

5.6 Hinweis zur Herstellung von Baustraßen

5.6.1 Hinweis zur Herstellung von Baustraßen im östlichen Teil der Untersuchungsfläche

Die torfige Deckschicht (Schicht **S1**) ist zur Bebauung mit Baustraßen nur bedingt geeignet. Für Baustraßen im östlichen Teil der Untersuchungsfläche (im gelb umrandeten Bereich), die mit **Schwerlastverkehr** und **sehr häufig mit Baumaschinen befahren** werden sollen, wird die Anlage mobiler Baustraßen aus Stahlplatten empfohlen.

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 im gelb umrandeten Bereich aus, ohne vorheriges Abschieben 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 0,4 m zu überschütten. Diese Überschüttung ist lageweise zu verdichten, z. B. mit einer Walze.

5.6.2 Hinweis zur Herstellung von Baustraßen in den zentralen und westlichen Teilen der Untersuchungsfläche

Zur Herstellung von Baustraßen, die mit **Schwerlastverkehr** oder **sehr häufig mit Baumaschinen befahren** werden sollen, sind im zentralen und westlichen Teil der Untersuchungsfläche zunächst max. 0,2 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) in Kombination mit einem Geogitter zu überschütten. Die Mächtigkeit dieser Überschüttung sollte insgesamt ca. 0,4 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 in den zentralen und westlichen Teilen der Untersuchungsfläche aus, ohne vorheriges Abschieben 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.

In den zentralen und westlichen Teilen des Solarfeldes Roßlaich befinden sich laut der durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen unterirdisch mehrere Drainagen, die in verschiedenen Richtungen verlaufen. Bestehende Drainagen sollten bei dem Bau der PV-Anlage erhalten bleiben oder gleichwertig ersetzt werden.

Niederschlagswasser:

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 die Entwicklung zusätzlicher Konzepte zur Niederschlagswasserableitung oder -Behandlung nicht erforderlich.

Aichach, den 13.06.2023

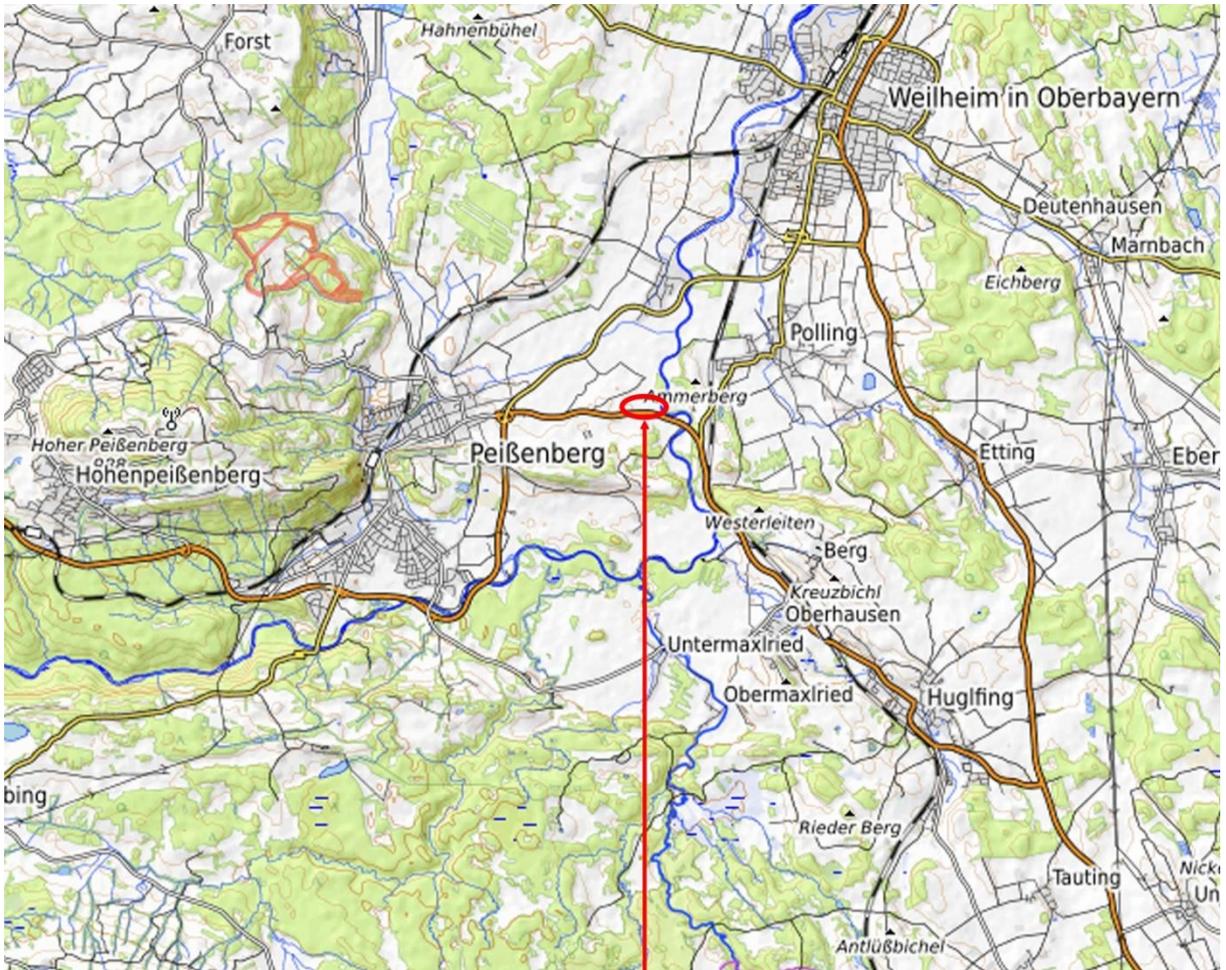


R. Hurler, Dipl.-Geol.

Anlagen

Anlage 1 Lagepläne

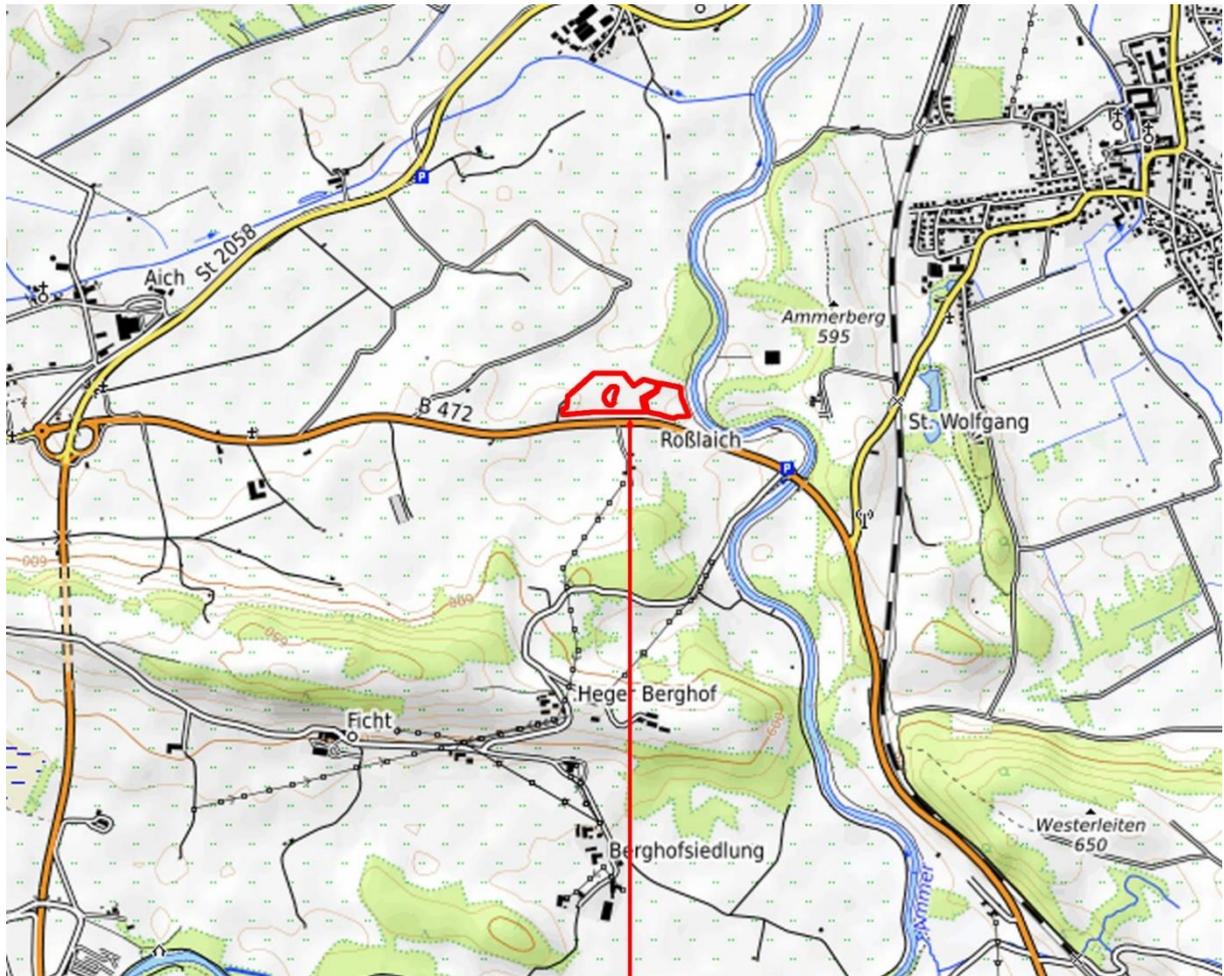
Anlage 1.1 Übersichtslageplan Maßstab 1 : 100.000



Lage des Untersuchungsgebietes

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

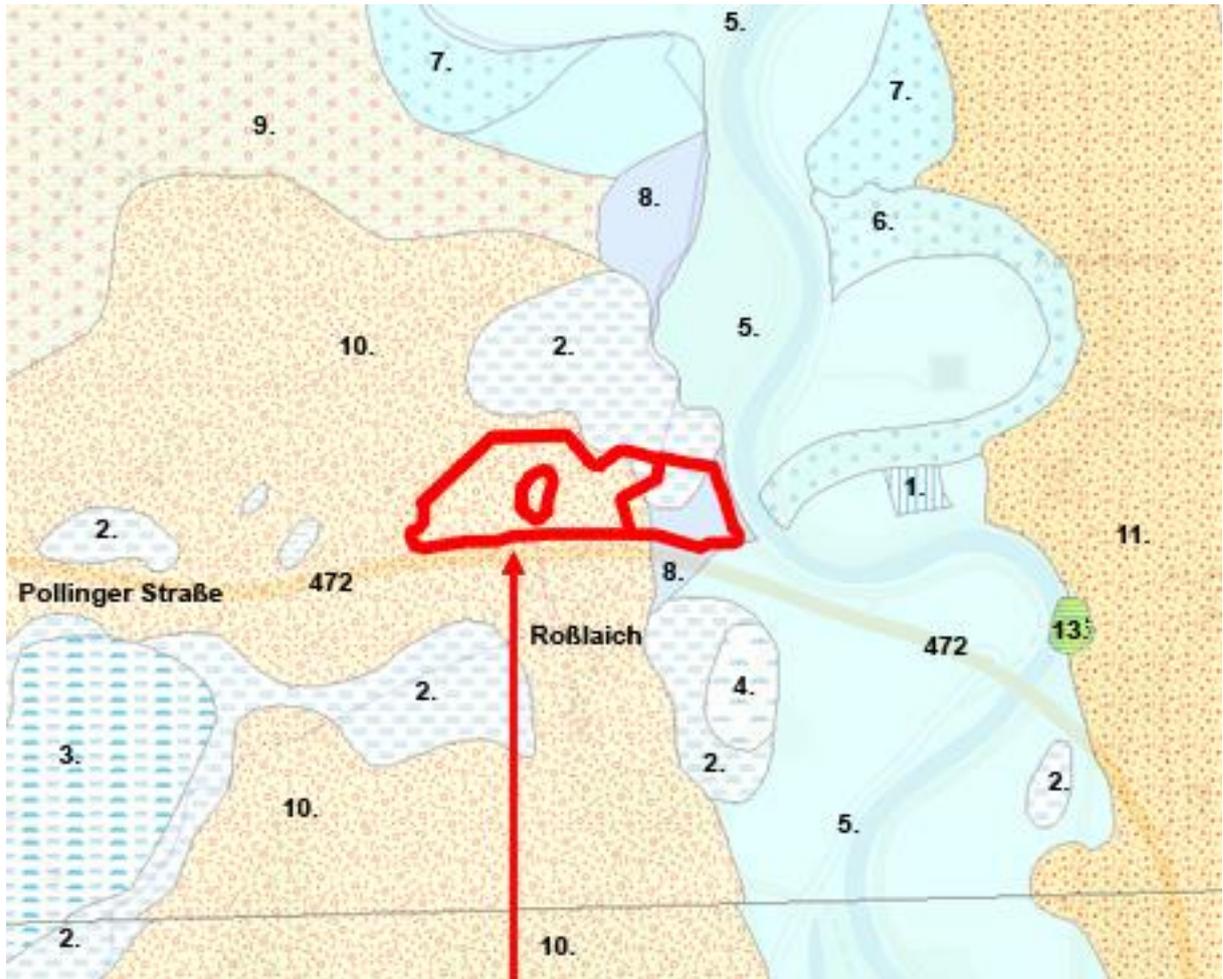
Anlage 1.2 Übersichtslageplan Maßstab 1 : 25.000



Lage des Untersuchungsgebietes

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

Anlage 1.3 Geologische Karte Maßstab 1 : 10.000



Lage des Untersuchungsgebietes

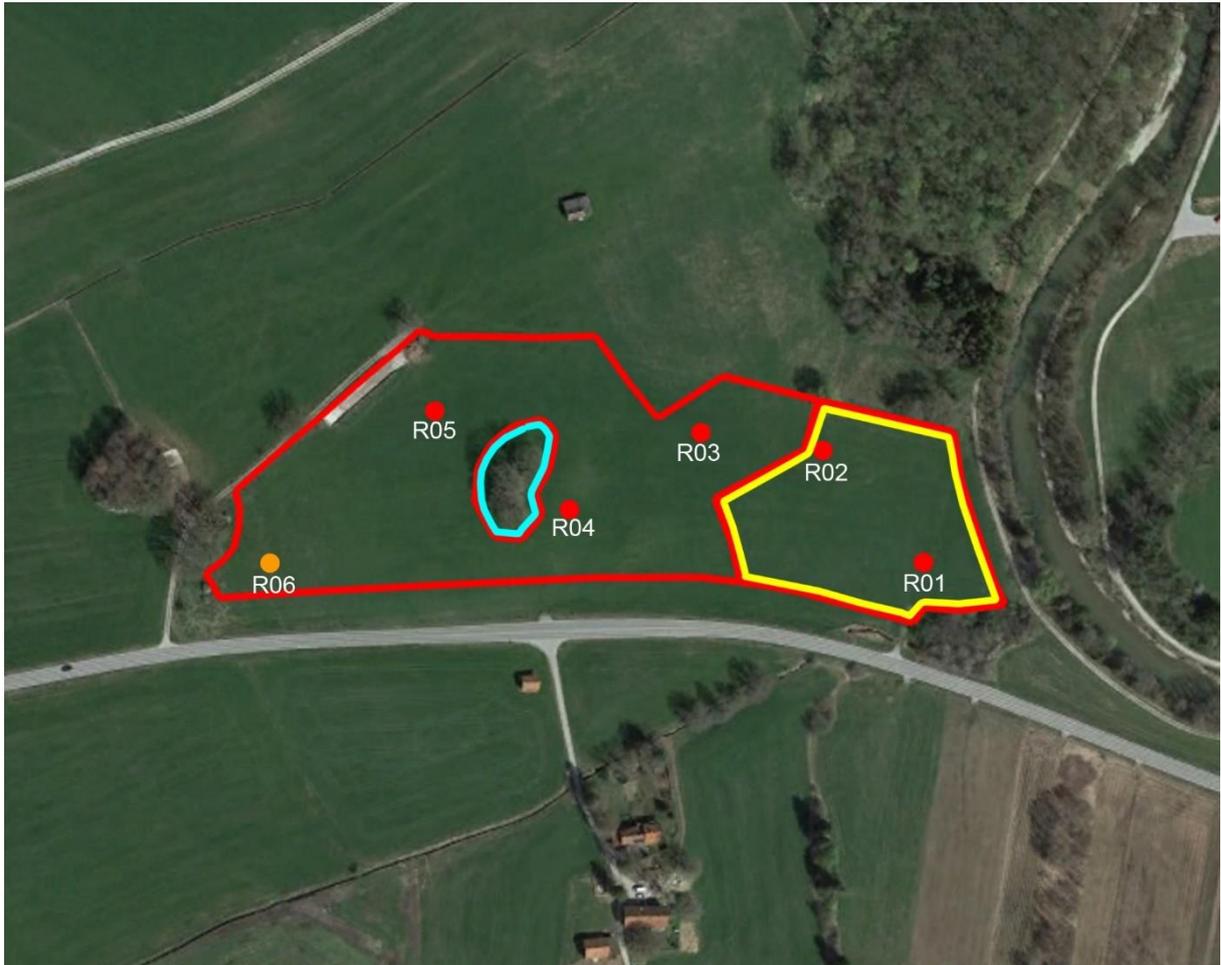
Kartendaten: © Bayerisches Landesamt für Umwelt, <https://www.lfu.bayern.de>

Legende Geologische Karte

Geologische Haupteinheit

1.  Künstlich verändertes Gelände
2.  Niedermoortorf, holozän
3.  Übergangsmoortorf, holozän
4.  Hochmoortorf, holozän
5.  Jüngste Auenablagerung (Jüngere Postglazialterrasse 3)
6.  Jüngste Auenablagerung, Kies (Jüngere Postglazialterrasse 3)
7.  Jüngere Auenablagerung, Kies (Jüngere Postglazialterrasse 2)
8.  Ältere Auenablagerung (Jüngere Postglazialterrasse 1)
9.  Schmelzwasserschotter, spätwürmzeitlich (Spätglazialterrasse 1°1)
10.  Geschiebemergel (Till, matrixgetüzt), würmzeitlich
11.  End- oder Seitenmoräne, kiesig (Till, korngestützt), würmzeitlich
13.  Obere Süßwassermolasse, Mergel-Sandstein-Wechselfolge

Anlage 1.4 Lageplan der Sondierungen Maßstab 1 : 4.000



Rote Markierung = Umriss des Untersuchungsgebiets

Blaue Markierung = Bereich, in dem keine PV-Tische gebaut werden

Gelbe Markierung = Bereich, in dem Torf vorkommt

Oranger Punkt = Rammhindernis wurde bei 1,1 m unter GOK angetroffen

R01 – R06 = Ansatzpunkte der Sondierungen

An den Standorten der Sondierungen R02, R05 und R06 wurden Bodenproben mittels Schlitzsonde entnommen.

An den Punkten R02 und R05 wurden Bodenproben aus Handschürfen entnommen.

Koordinaten der ungefähren Feldmitte: 47°48'14.26"N 11°6'32.22"E

Anlage 2 Rammsondierungen

Anlage 2.1 Tabelle mit Ergebnissen der Rammsondierungen

Sondierergebnisse Schläge je 10 cm Eindringung, DPL-5

Tiefe m	R01	R02	R03	R04	R05	R06
0,1	0	1	0	1	1	1
0,2	1	1	0	1	2	1
0,3	2	1	1	1	2	3
0,4	4	1	3	3	3	3
0,5	5	2	5	2	3	3
0,6	3	1	5	4	3	4
0,7	3	3	6	4	3	3
0,8	9	2	6	4	6	9
0,9	9	2	7	5	13	33
1,0	12	2	9	8	18	68
1,1	12	3	12	12	16	>100
1,2	12	3	13	23	16	
1,3	11	4	12	32	13	
1,4	11	3	15	33	13	
1,5	10	4	15	34	7	
1,6	10	5	16		19	
1,7	9	7	20		39	
1,8	10	9	40		77	
1,9	10	11	30		>100	
2,0	13	14	24			
2,1	13	12	26			
2,2	14	15	24			
2,3	13	11	24			
2,4	13	16	35			
2,5	13	20	35			
2,6	12	17	29			
2,7	12	15	17			
2,8	12	19	18			
2,9	12	18	19			
3,0	12	19	23			
3,1	13	22	31			
3,2	14	26	39			
3,3	13	23	29			
3,4	14	36	28			
3,5	14	35	32			
3,6	14	34	39			
3,7	13		39			
3,8	15					
3,9	15					
4,0	18					
4,1	18					
4,2	17					
4,3	15					
4,4	17					
4,5	16					
4,6	17					
4,7	17					
4,8	23					
4,9	22					
5,0	26					
5,1	27					
5,2	27					
5,3	26					
5,4	24					
5,5	26					
5,6	29					
5,7	24					
5,8	27					
5,9	29					
6,0						

Anlage 2.2 Rammdiagramme

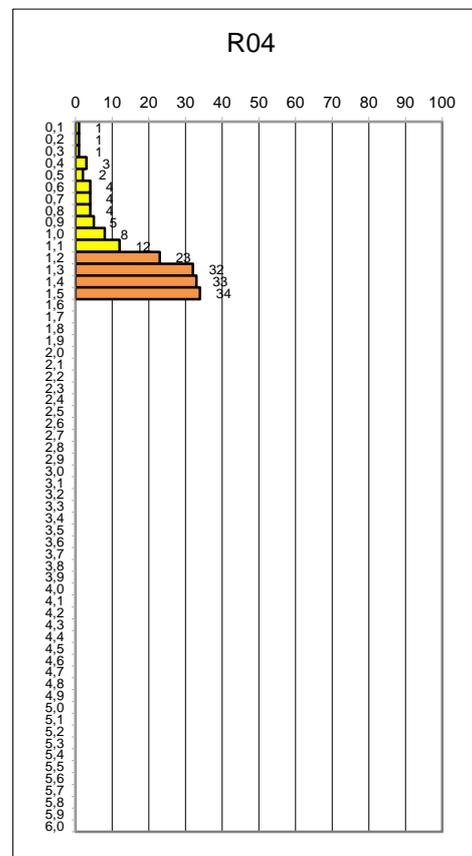
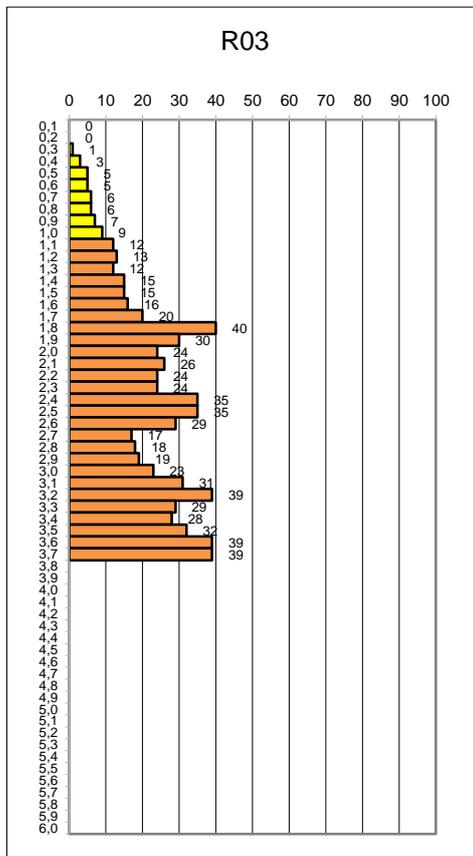
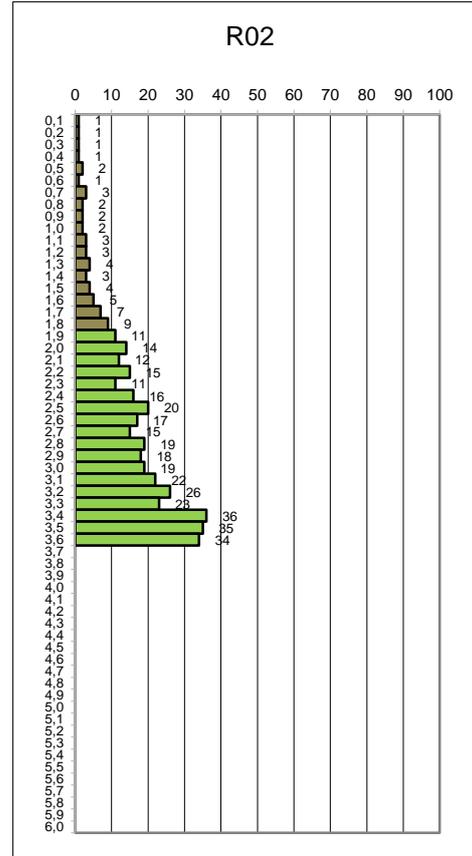
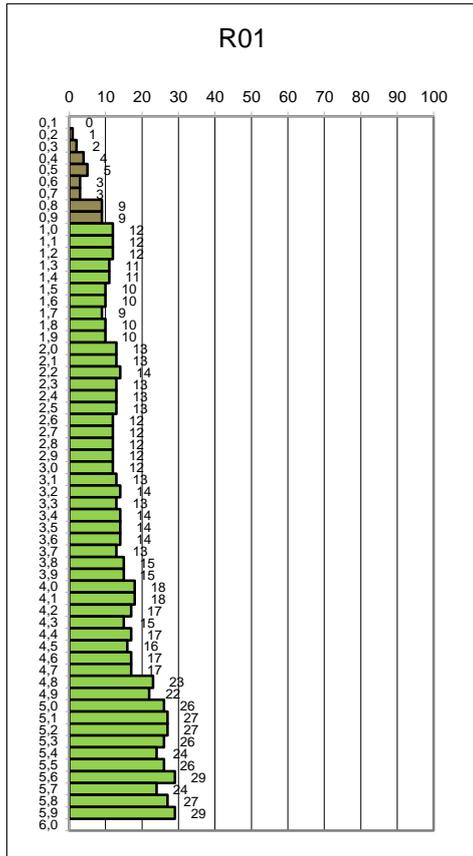
Sonde DPL-5

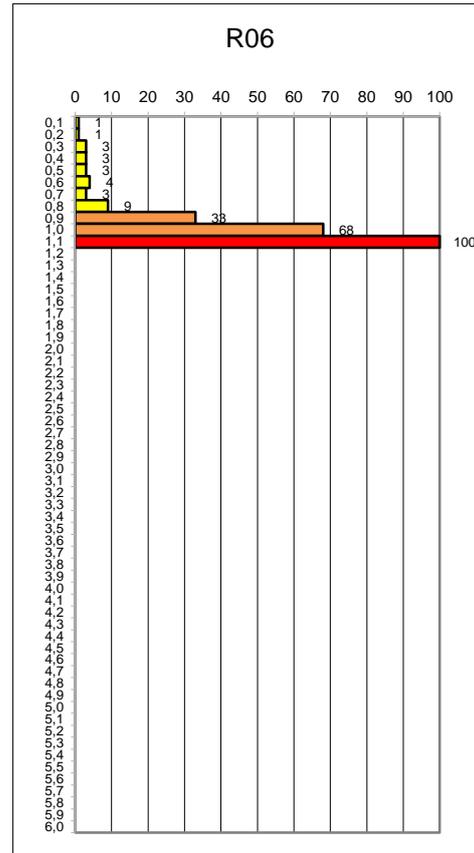
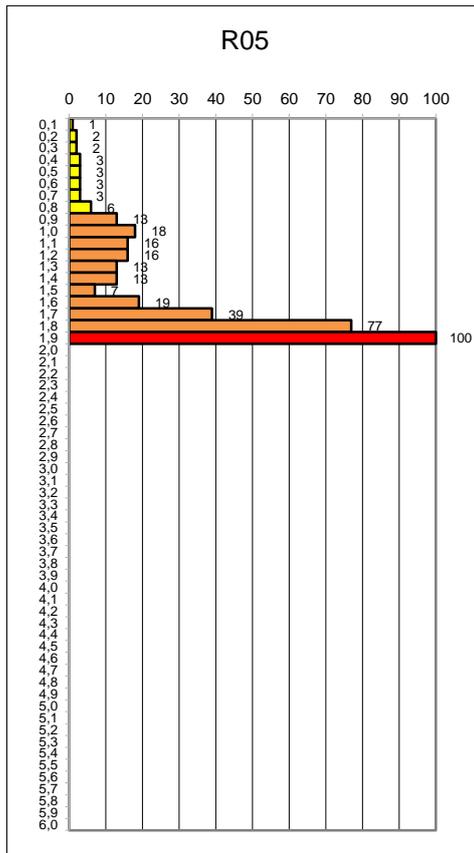
Erläuterung: Die Balkendiagramme zeigen die notwendige Anzahl der Schläge je 10 cm Eindringung, aufgetragen über die Tiefe. Für die Gründung bedeuten:

- 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	Torf	beige
Schicht S2	Quartärer Flusslehm (steif bis halbfest)	grün
Schicht S3	Schluffiger Geschiebelehm / Geschiebemergel (weich)	gelb
Schicht S4	Sandiger Geschiebemergel (mitteldicht bis dicht)	orange
	Rammhindernis	rot





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

Schicht S1: Torf

Farbe: dunkelbraun bis schwarz

Mächtigkeit 0,9 – 1,8 m

Als Deckschicht über Schicht **S2** im östlichen Teil der Untersuchungsfläche (im gelb markierten Bereich)

weich

Wichte γ cal.	Wichte unter Grundwasser γ' cal.	Reibungswinkel φ cal.	Kohäsion c' cal	Steife vertikal $E_s v$	Steife horizontal $E_s h$	Mantelreibung (Bruchwert)
kN/m ³		°	kN/m ²	MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²
11,0	1,0	15,0	2,0	0,5	0,4	0,005

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

Schicht S2: Quartärer Flusslehm

(Schluff, tonig)

Farbe: braun

Mächtigkeit > 5,0 m

im Liegenden der Deckschicht **S1** im östlichen Teil der Untersuchungsfläche (im gelb markierten Bereich)

steif bis halbfest

Wichte γ cal.	Wichte unter Grundwasser γ' cal.	Reibungswinkel φ cal.	Kohäsion c' cal	Steife vertikal $E_s v$	Steife horizontal $E_s h$	Mantelreibung (Bruchwert)
kN/m ³		°	kN/m ²	MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²
20,5	10,5	27,5	3,0	15	12	0,020

Der Boden entspricht der Bodenklasse 4 (nach DIN 18300-2012).

Schicht **S3**: Schluffiger Geschiebelehm / Geschiebemergel

(Schluff, tonig, stellenweise schwach feinsandig bis feinsandig, stellenweise kalkhaltig)

Farbe: dunkelbraun (oberflächennah); hellgelb – beige (tiefer)

Mächtigkeit 0,8 – 1,1 m

als Deckschicht über Schicht **S4** in den zentralen und westlichen Teilen der Untersuchungsfläche

weich

Wichte γ cal. kN/m ³	Wichte unter Grundwasser γ' cal.	Reibungswinkel φ cal. °	Kohäsion c' cal kN/m ²	Steife vertikal Es v MN/m ²	Steife horizontal Es h MN/m ²	Mantelreibung (Bruchwert) MN/m ²
19,5	9,5	28,0	2,5	12	10	0,010

Der Boden entspricht der Bodenklasse 4 (nach DIN 18300-2012).

Schicht **S4**: Sandiger Geschiebemergel

(Feinsand, tonig, schluffig, stark kalkhaltig)

Farbe: gelb

Mächtigkeit 0,2 – >2,7 m

im Liegenden der Schicht **S3** in den zentralen und westlichen Teilen der Untersuchungsfläche

mitteldicht bis dicht gelagert

Wichte γ cal. kN/m ³	Wichte unter Grundwasser γ' cal.	Reibungswinkel φ cal. °	Kohäsion c' cal kN/m ²	Steife vertikal Es v MN/m ²	Steife horizontal Es h MN/m ²	Mantelreibung (Bruchwert) MN/m ²
18,5	10,5	30,0	3,5	25	20	0,030

Der Boden entspricht der Bodenklasse 4 (nach DIN 18300-2012).

Bodenart	Bindiger Boden (Ton und Schluff)	Organischer Boden	Rolliger Boden (Sand und Kies)	Grobkörniger Boden (Kies und Steine)	Mischboden mit unterschiedlichen Korngrößen	Fels	Boden künstlich aufgefüllt
Vorkommen, Anteil an Gesamtfläche	Schichten S2 (im gelb umrandeten Bereich, ca. 40 % der Fläche) und S3 (im restlichen Bereich, ca. 60% der Fläche)	Schicht S1 (im gelb umrandeten Bereich, ca. 40% der Fläche)	Schicht S4 (im restlichen Bereich, ca. 60% der Fläche)	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.
Rammpbarkeit	Schicht S2 : gut bis mäßig Schicht S3 : sehr gut	Sehr gut	Gut bis mäßig				
Rammhindernisse vorhanden	Schicht S2 : nein Schicht S3 : Theoretisch Findlinge möglich	Nein	Teilweise, Findlinge möglich				
Vorstechen / Vorbrechen/ Vorbohren erforderlich	Schicht S2 : nein Schicht S3 : sehr unwahrscheinlich	Nein	Möglicherweise				
Boden korrosiv gegen verzinkten Stahl	Siehe Anlage 5	Siehe Anlage 5	Siehe Anlage 5				
Grundwasser	Temporär ab GOK	Temporär ab GOK	Temporär ab GOK				
Hangneigung	Gelb umrandeter Bereich: 0°-2° Restlicher Bereich: 1°-4°	0°-2°	1°-4°				
Haltekräfte des Bodens gegen vertikale und horizontale Lasten	Schicht S2 : Hor.: gering bis mittel Vert.: mittel Schicht S3 : Hor.: gering Vert.: gering	Schicht S1 : Hor.: sehr gering Vert.: sehr gering	Hor.: mittel-hoch Vert.: hoch				
Befahrbarkeit R: Radfahrzeug K: Kettenfz.	Im restlichen Bereich (S3): Bei Trockenheit: R: gut bis mäßig K: sehr gut Bei nasser Witterung: R: schlecht K: gut	Im gelb umrandeten Bereich: Bei Trockenheit: R: mäßig bis schlecht K: sehr gut Bei nasser Witterung: R: sehr schlecht bis unmöglich K: gut					
Bewuchs	Hohes Gras, Wildblumen	Hohes Gras, Wildblumen					

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

Anlage 4 Photodokumentation

Bild 1: Bild am Standort R03 aufgenommen, Blick nach Südwesten. Im Hintergrund ist eine leichte Neigung nach Osten zu erkennen. Der Bereich, in dem sich die Bäume befinden, ist der höchste Punkt der Fläche und wird nicht bebaut.



Bild 2: Bild am Standort R03 aufgenommen, Blick nach Südosten. Im Hintergrund befindet sich die Moorfläche, in der eine Torfbedeckung vorkommt.



Anlage 5 Chemische Laboruntersuchungen

Anlage 5.1 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen der Bodenproben R02 Co und R05 Co

R02°Co



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.: CMU23-005194-1

Datum: 29.06.2023

Auftrag Nr.: CMU-01378-23

Auftrag: Energiegenossenschaft Oberland Roßlaich Az23251R-2

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



Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit * gekennzeichnet. 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.	23-069412-01
Bezeichnung	R02 Co
Probenart	Boden
Probenahme	09.05.2023
Zeit	00:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	J. Obermüller
Probengefäß	PE-Beutel
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	16.05.2023
Untersuchungsbeginn	17.05.2023
Untersuchungsende	29.06.2023

Boden auf Beton- und Stahlaggressivität

	23-069412-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Trockenrückstand	24,4	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	AL

Stahlaggressivität

Organische Summenparameter

	23-069412-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
TOC	30	Gew%	TS	DIN EN 15936 (2012-11) ^A	OP

Probenvorbereitung gem. DIN 4030-2

	23-069412-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Lufttrocknung (40°C)	ja			DIN 19747 (2009-07)	AL
Mahlen < 90 µm	ja			DIN 19747 (2009-07)	AL
Salzsäureheißextrakt	28.06.2023			DIN 4030-2 (2008-06)	AL
25:1 Eluat	19.06.2023			DIN 4030-2 (2008-06)	AL

Probenvorbereitung gem. DIN 50929-3

	23-069412-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Fraktion > 5mm	<1	g	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
4:1 Eluat	30.05.2023			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 3	AL
Salzsäureauszug	24.05.2023			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 4	AL



Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit ^A gekennzeichnet. 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 4030-2

Im salzsauren Heißextrakt

	23-069412-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, heiß HCl-löslich	65.800	µg/l	SalzHE xtr	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Im 25:1 Eluat

	23-069412-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Chlorid (Cl)	<1	mg/l	EL 25:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Messparameter gem. DIN 50929-3

Im 4:1 Eluat

	23-069412-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert vor Titration	7,44		EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	0,84	mmol/l	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Titrationstemperatur (Säure 4,3)	19,13	°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)	4,0	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Im salzsauren Auszug

	23-069412-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, HCl-löslich	13.200	µg/l	SalzAus sz	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Kriterien gem. DIN 4030-2

	23-069412-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Säuregrad nach Baumann-Gully	248	ml/kg	L-TS <2	DIN 4030-2 (2008-06)	AL
Sulfat, heiß HCl-löslich	6.500	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

	23-069412-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfid (S)	3,9	mg/kg	L-TS	DIN 4030-2 mod. (2008-06)	AL



Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit * gekennzeichnet. 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

Kriterien gem. DIN 50929-3

	23-069412-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Abschlämmbare Bestandteile	89	Gew%	TS <5	DIN 50929-3 (2018-03)	*
Wassergehalt (105°C)	75,6	Gew%	OS <5	DIN EN 15934 (2012-11) A	AL
pH-Wert (50 %-ige Aufschlämmung)	7,2		OS <5	DIN EN 15933 mod. (2012-11)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	14	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	17	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Neutralsalze (Cl + 2*SO ₄), gelöst incl. 1/2BG	1,6	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus Messung gem. DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

23-069412-01

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 ISO 10304-1 mod. (2009-07)

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 aus 25:1 Eluat nach DIN 4030-2:2008-06

Bestimmung in 10:1 Aufschlämmung aus < 5mm Fraktion der Originalsubstanz

Legende

aS	ausführender Standort	OS	Originalsubstanz	TS	Trockensubstanz
SalzHex	SalzHextr	EL 25:1	EL 25:1	EL 4:1	EL 4:1
SalzAu	SalzAusz	L-TS	L-TS <2	L-TS	Luftrockensubstanz
sz		<2			
TS <5	TS <5	OS <5	OS <5	n. n.	nicht nachgewiesen (chemisch), nicht nachweisbar (mikrobiologisch)
n. b.	nicht bestimmbar	n. a.	nicht analysiert (chemisch), nicht auswertbar (mikrobiologisch)	AL	WESSLING GmbH Altenberge
OP	WESSLING GmbH Oppin	*	Kooperationspartner		



Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit A gekennzeichnet. 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

R05°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. Schratt
Durchwahl: +49 89 829969 54
E-Mail: Katharina.Schratt@wessling.de

Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CMU23-005195-1

Datum: 29.06.2023

Auftrag Nr.: CMU-01378-23

Auftrag: Energiegenossenschaft Oberland Roßlaich Az23251R-2

Katharina Schratt
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 Wetling,
Sven Polenz
HRB 1863 AG Steinfurt



Quality of Life

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

Probeninformation

Probe Nr.	23-069412-02
Bezeichnung	R05 Co
Probenart	Boden
Probenahme	09.05.2023
Zeit	00:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	J.Obermüller
Probengefäß	PE-Beutel
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	16.05.2023
Untersuchungsbeginn	17.05.2023
Untersuchungsende	29.06.2023

Probenvorbereitung gem. DIN 4030-2

	23-069412-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Lufttrocknung (40°C)	ja			DIN 19747 (2009-07)	AL
Mahlen < 90 µm	ja			DIN 19747 (2009-07)	AL
Salzsäureheißextrakt	31.05.2023			DIN 4030-2 (2008-06)	AL
25:1 Eluat	31.05.2023			DIN 4030-2 (2008-06)	AL

Probenvorbereitung gem. DIN 50929-3

	23-069412-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Fraktion > 5mm	<1	g	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
4:1 Eluat	30.05.2023			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 3	AL
Salzsäureauszug	24.05.2023			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 4	AL

Messparameter gem. DIN 4030-2

Im salzsauren Heißextrakt

	23-069412-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, heiß HCl-löslich	8.140	µg/l	SalzHE xtr	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Im 25:1 Eluat

	23-069412-02	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

	23-069412-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert vor Titration	7,15		EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	0,334	mmol/l	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Titrationstemperatur (Säure 4,3)	21,59	°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)	2,5	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Im salzsauren Auszug

	23-069412-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, HCl-löslich	13.300	µg/l	Salzsausz	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Kriterien gem. DIN 4030-2

	23-069412-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Säuregrad nach Baumann-Gully	121	ml/kg	L-TS <2	DIN 4030-2 (2008-06)	AL
Sulfat, heiß HCl-löslich	810	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

	23-069412-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfid (S)	3,2	mg/kg	L-TS	DIN 4030-2 mod. (2008-06)	AL

Kriterien gem. DIN 50929-3

	23-069412-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Abschlammbare Bestandteile	66	Gew%	TS <5	DIN 50929-3 (2018-03)	*
Wassergehalt (105°C)	17,6	Gew%	OS <5	DIN EN 15934 (2012-11) A	AL
pH-Wert (50 %-ige Aufschlämmung)	8,4		OS <5	DIN EN 15933 mod. (2012-11)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	1,6	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	5,01	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Neutralsalze (Cl + 2*SO ₄), gelöst incl. 1/2BG	0,3	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

23-069412-02

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	Modifikation
DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	
DIN 4030-2 mod. (2008-06)	Aufschluss: Salzsäure/Zinnchlorid-Gemisch (18%HCl, 1% Sn(II)Cl) + Zinkpulver & anschließende elektrochemische Bestimmung gem. DIN 38405-27 (D27) (2017-10)
DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	Bestimmung aus 25:1 Eluat nach DIN 4030-2:2008-06
DIN EN 15933 mod. (2012-11)	Bestimmung in 10:1 Aufschlämmung aus < 5mm Fraktion der Originalsubstanz

Legende

aS	ausführender Standort	OS	Originalsubstanz	SalzHEx	SalzHExtr
EL 25:1	EL 25:1	EL 4:1	EL 4:1	tr	SalzsAu
L-TS <2	L-TS <2	L-TS	Luftrockensubstanz	sz	SalzsAusz
OS <5	OS <5	n. n.	nicht nachgewiesen (chemisch), nicht nachweisbar (mikrobiologisch)	TS <5	TS <5
n. a.	nicht analysiert (chemisch), nicht auswertbar (mikrobiologisch)	AL	WESSLING GmbH Altenberge	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

Anlage 5.2 Analyse hinsichtlich Stahlaggressivität nach DIN 50929

R02°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:

23-069412-01

R02 Co

Merkmal und Messgröße	Einheit	Analyse	Bewertungszahl
(1) Abschlämbbare Bestandteile (a) Verunreinigungen (Torf, Moor, Schlacken, Dünger, etc.)?	Ma%	89,0 ja	Z ₁ = -12
(3) Wassergehalt	Ma%	75,6	Z ₃ = -1
(4) pH-Wert		7,2	Z ₄ = 0
(5+6) Pufferkapazität (berechnet)	mmol/kg		
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/kg	14	Z ₅ = 0
Basekapazität bis pH 7,0	mmol/kg	n.a.	Z ₆ = 0
(7) Sulfid (S²⁻)	mg/kg	3,9	Z ₇ = 0
(9) Neutralsalze (wässriger Auszug) c(Cl ⁻) + 2c(SO ₄ ²⁻)	mmol/kg	1,6	Z ₉ = 0
(8) Sulfat (SO₄²⁻ im salzsauren Auszug)	mmol/kg	17	Z ₈ = -3

Örtliche Gegebenheiten:	Bewertungszahl
(2) spezifischer elektrischer Bodenwiderstand 34,7 Ω*m	Z ₂ = -2
(10) Lage des Objektes zum Grundwasser	Z ₁₀ = -2
(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=

-20
-20

Bewertungszahlsumme B₁=

Einschätzung/Beurteilung:

Der Boden ist in die Bodenklasse

III

einzuordnen, die Korrosionsbelastung ist

hoch

(B₀= **-20**)

Die Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und

niedriglegierten Eisenwerkstoffen ist

hoch

bezüglich der Mulden- und

Lochkorrosion und

mittel

bezüglich der Flächenkorrosion.

(B₁= **-20**)

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

Aichach
Ort

30.06.2023
Datum

C.Barroy
Sachbearbeiter

ConSoGeol
GmbH & Co. KG

R05°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:

23-069412-02

R05 Co

Merkmal und Messgröße	Einheit	Analyse	Bewertungszahl
(1) Abschlämbbare Bestandteile (a) Verunreinigungen (Torf, Moor, Schlacken, Dünger, etc.)?	Ma%	66	Z ₁ = -2
		0	
(3) Wassergehalt	Ma%	17,6	Z ₃ = 0
(4) pH-Wert		8,4	Z ₄ = 0
(5+6) Pufferkapazität (berechnet)	mmol/kg		
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/kg	1,6	Z ₅ = 0
Basekapazität bis pH 7,0	mmol/kg	n.a.	Z ₆ = 0
(7) Sulfid (S²⁻)	mg/kg	3,2	Z ₇ = 0
(9) Neutralsalze (wässriger Auszug) c(Cl ⁻) + 2c(SO ₄ ²⁻)	mmol/kg	0,3	Z ₉ = 0
(8) Sulfat (SO₄²⁻ im salzsauren Auszug)	mmol/kg	5,01	Z ₈ = -2

Örtliche Gegebenheiten:	Bewertungszahl
(2) spezifischer elektrischer Bodenwiderstand 19,9 Ω*m	Z ₂ = -4
(10) Lage des Objektes zum Grundwasser	Z ₁₀ = -2
(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=

-10
-10

Bewertungszahlsumme B₁=

Einschätzung/Beurteilung:

Der Boden ist in die Bodenklasse **II** einzuordnen, die Korrosionsbelastung ist **mittel** (B₀= **-10**)

Die Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen ist **mittel** bezüglich der Mulden- und Lochkorrosion und **gering** bezüglich der Flächenkorrosion. (B₁= **-10**)

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

Aichach
Ort

30.06.2023
Datum

C.Barroy
Sachbearbeiter

ConSoGeol
GmbH & Co. KG

Bewertung stahlkorrossiver Eigenschaften gemäß DIN 50929

Für die Bodenprobe R02°Co (Standort R02, Labornummer 23-069412-01) wird die Korrosionsbelastung als **hoch** eingestuft (Bodenklasse III, $B_0 = -20$).

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

Für die Bodenprobe R05°Co (Standort R05, Labornummer 23-069412-02) wird die Korrosionsbelastung als **mittel** eingestuft (Bodenklasse II, $B_0 = -10$).

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

Für die Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit von verzinkten Stahlprofilen ist nur die Oberflächenkorrosion relevant, die bei der Probe R02°Co mittel und bei der Probe R05°Co gering ist. Vor allem wegen der Beurteilung der Probe R02 Co und dem Vorkommen von Torf im östlichen Bereich ist es sinnvoll, besondere Vorkehrungen insbesondere für den östlichen Bereich in Betracht zu ziehen, um eine Beschädigung der Stahlprofile zu verhindern. Es wäre ratsam, mit dem Stahlhersteller diese Werte und gegebenenfalls die genauen Maßnahmen zu besprechen!

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 5.3 Analyse hinsichtlich Betonaggressivität nach DIN 4030

R02°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: Energiegenossenschaft Oberland		Auftrags-Nr.: CMU-01378-23	
Bauvorhaben: Roßlaich 23251R-2		Probe-Nr.: 23-069412-01	
Art des Bodens:		Bezeichnung des Bodens:	
Entnahmestellen: R02 Co		Entnahmetiefe:	
Entnahmezeit:		Entnahmemenge:	
		Entnahmedatum: 09.05.2023	
2. Erweiterte Angaben			
Beschreibung der Geländeverhältnisse am Entnahmeort: Ackerfläche			
Ort, Datum:		Probennehmer: J. Obermüller	
Probeneingang		Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030 Teil 1	
Bestandteil	Prüfergebnis	schwach angreifend	stark angreifend
Säuregrad nach Baumann-Gully	248 ml/kg	> 200	-
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	6500 mg/kg	2000 bis 5000	> 5000
Sulfid (S ²⁻)	3,9 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 stark betonangreifend.			
Aichach	30.06.2023	C. Barroy	
Ort	Datum	Sachbearbeiter	
		 GmbH & Co. KG	

R05°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: Energiegenossenschaft Oberland		Auftrags-Nr.: CMU-01378-23	
Bauvorhaben: Roßlaich 23251R-2		Probe-Nr.: 23-069412-02	
Art des Bodens:		Bezeichnung des Bodens:	
Entnahmestellen: R05 Co		Entnahmetiefe: Entnahmemenge:	
Entnahmezeit:		Entnahmedatum: 09.05.2023	
2. Erweiterte Angaben			
Beschreibung der Geländeverhältnisse am Entnahmeort: Ackerfläche			
Ort, Datum:		Probennehmer: J. Obermüller	
Probeneingang		Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030 Teil 1	
Bestandteil	Prüfergebnis	schwach angreifend	stark angreifend
Säuregrad nach Baumann-Gully	121 ml/kg	> 200	-
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	810 mg/kg	2000 bis 5000	> 5000
Sulfid (S ²⁻)	3,2 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	30.06.2023		
Ort	Datum	GmbH & Co. KG	
		C.Barroy Sachbearbeiter	

Anlage 6 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.