

Solarpark

Aschau am Inn (Klugham III)

Landkreis Mühldorf am Inn, Bayern

Deutschland

Gutachten zur Ermittlung der erforderlichen Rammtiefe für Stahlprofile als Gründungselemente

Auftraggeber

SunPlan GmbH
Rieder 2
84574 Taufkirchen

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, Friedrich Göbl

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 : 3.000
- 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 Fotodokumentation
- Anlage 5 Chemische Laboruntersuchungen
 - Anlage 5.1 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen der Bodenproben AW1 Co und AO1 Co
 - Anlage 5.2 Analyse hinsichtlich Stahlaggressivität nach DIN 50929
- Anlage 6 Ermittlung der erforderlichen Rammtiefen

1 Lage und Vorgang, geologische Situation

Die ConSoGeol GmbH & Co. KG wurde am 28.06.2023 beauftragt, die Untersuchungen zur Ermittlung der Rammtiefe für die Gründung von Photovoltaik-Tischen gemäß Angebot vom 15.06.2023 durchzuführen.

Die Arbeiten erfolgten vor Ort in KW 43/2023 (Entnahme von Bodenproben und geologische Feldaufnahme, Rammsondierungen).

Es wurden nach geologischer Aufnahme des Untersuchungsgebiets insgesamt 7 Rammsondierungen mit der leichten Rammsonde (Ergebnisse im Detail siehe Anlage 2), 2 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).

Die geplante Photovoltaikanlage liegt etwa 2,3 km südöstlich von Aschau am Inn, sowie etwa 200 m nördlich des Weilers Klugham. Das Untersuchungsgebiet ist durch die Bahnlinie Rosenheim-Mühldorf in ein Ost- und Westfeld unterteilt.

Beim Untersuchungsgebiet handelt es sich um zwei landwirtschaftliche Flächen, die zuletzt als Maisacker genutzt wurden. Das Westfeld weist Neigungen von bis zu 4°, das Ostfeld von bis zu etwa 2° auf.

Geologisch gesehen liegt das Untersuchungsgebiet im ehemals glazial überprägten Bereich. Hier nahm die Vergletscherung Einfluss auf die Bodenzusammensetzung und das heutige Landschaftsbild. Es wurden vor allem die Niederterrassenschotter der Würmeiszeit im späten Pleistozän abgelagert. Diese bestehen aus Kies und Sand.

Im Rahmen der Feldarbeit wurde folgender Bodenaufbau festgestellt:

Die oberste Schicht **S1** besteht aus schluffigem Sand von brauner Farbe. Die ersten Dezimeter sind als Ackerkrume ausgebildet. Diese Schicht ist locker gelagert, stellenweise finden sich mitteldicht gelagerte Horizonte. Die maximale Mächtigkeit beträgt 2,6 m. Darunter folgt die Schicht **S2** aus den Niederterrassenschottern, bestehend aus sandigem, schwach schluffigem Kies. Diese sind von braungrauer Farbe und mitteldicht bis dicht gelagert.

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 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 7 Stellen (Bezeichnungen der Aufschlussstellen mit AW1 – AW4 (Westfeld) und AO1 – AO3 (Ostfeld)) wurde mittels der leichten Rammsonde die Lagerungsdichte bzw. die Konsistenz des Bodens in Abhängigkeit von der Tiefe geprüft. An 2 Stellen (AW1 und AO1) wurden Bodenproben mittels der Schlitzsonde entnommen. An ebendiesen Stellen wurden zudem Handschürfe angelegt, aus denen weitere Bodenproben aus ca. 0,3 m Tiefe entnommen wurden, die hinsichtlich der Stahlaggressivität chemisch analysiert wurden (vergleiche Kapitel 5.2 und Anlage 5).

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 Gebiets 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 zwischen 0,8 und 3,0 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.

Die oberste Schicht **S1** besteht aus schluffigem Sand von brauner Farbe. Die ersten Dezimeter sind als Ackerkrume ausgebildet. Diese Schicht ist locker gelagert, stellenweise finden sich mitteldicht gelagerte Horizonte. Die maximale Mächtigkeit beträgt 2,6 m. Darunter folgt die Schicht **S2** aus den Niederterrassenschottern, bestehend aus sandigem, schwach schluffigem Kies. Diese sind von braungrauer Farbe und mitteldicht bis dicht gelagert.

Die Schotter können bei sehr dichter Lagerung als Rammhindernis fungieren. Hinweise zu etwaigen Maßnahmen finden sich in Kapitel 5.4.

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

Während der Feldarbeiten wurde kein Grundwasser angetroffen. In Tiefen die durch die Gründung der PV-Anlage berührt wird, ist nicht mit dem Auftreten von Grundwasser zu rechnen.

3 Bewertung der angetroffenen Böden

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

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

Die Schicht **S1** lässt sich mit geringer Rammenergie durchhörtern.

Die Schicht **S2** benötigt erhöhte Rammenergie. Teilweise kann sie auch als Rammhindernis fungieren. Daher können in Schicht **S2** teilweise Vorbohrungen erforderlich sein, um die empfohlenen Rammtiefen zu erreichen. Zur Vorgehensweise beim Antreffen von undurchdringbaren Rammhindernissen und zur Durchführung von Vorbohrungen siehe Hinweis in Kap. 5.4.

Die Schicht **S1** hat geringe, die Schicht **S2** hohe Haltekräfte gegenüber vertikalen und horizontalen Kräften.

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

Die notwendigen Rammtiefen können der Tabelle in Anlage 6 entnommen werden. Bei der Ermittlung der erforderlichen Rammtiefen sollte zwischen einer Rammtiefe beim Antreffen von Fels und einer Rammtiefe ohne Antreffen von Fels 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.

I.d.R. ausschlaggebend für die notwendige Rammtiefe sind die horizontalen Kräfte (Wind) am oberen Ende des geramnten 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 AW1 und AO1 (zur Lage siehe Anlage 1.4) wurden aus Handschürfen die Bodenproben AW1 Co und AO1 Co entnommen, die hinsichtlich der Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung nach DIN 50929 Teil 3 (Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern) chemisch analysiert wurden.

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. V.a. 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 und S2 ist nicht mit deutlich ausgebildeten Rammkanälen zu rechnen, die erst im Laufe von einigen Wochen vollständig zusammenfallen. Bis zum Abschluss der Montagearbeiten ist die ausreichende Tragfähigkeit der Rammprofile also 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

Auf dem gesamten Feld ist innerhalb der Schicht **S2** mit dem Antreffen von Rammhindernissen in Form von dicht gelagerten Kiesen bzw. erratischen Blöcken zu rechnen. Diese können teilweise nicht ohne Vorarbeiten durchrammt werden.

Falls nicht 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 eine der folgenden Methoden anzuwenden:

- M1 Einsatz eines Brechwerkzeuges (spitz zulaufende Stahlstange an vibrierendem Hydraulikgerät, ähnlich Brechzähnen bei Abbruchmaschinen, das als Vorsatzgerät für Mobilbagger verwendet werden kann), mit dem an jedem Pfostenstandort vorgestochen wird. Der eigentliche Pfosten kann dann am vorgebrochenen Standort gerammt werden, wobei evtl. vorhandene Rammhindernisse leichter durchstoßen werden können. Der Durchmesser des Brechwerkzeugs sollte gut der Hälfte des Querschnittsmaß des geplanten Pfostens entsprechen. Das Einrammen muss unbedingt unmittelbar nach dem Vorbrechen erfolgen, da sonst ein Verstürzen des Rammkanals erfolgt und damit wieder gerundete Steine und Blöcke darin liegen, an denen die Pfosten abgelenkt bzw. verformt werden könnten.
- M2 Vorrammen eines geeigneten Profils mittels starker Ramme. Dazu kann ein sehr dickwandiges Profil (beispielsweise IPE oder Rundrohr) verwendet werden, das zunächst an der Stelle des späteren Pfostens eingerammt wird. Anschließend wird dieser dickwandige Pfosten wieder gezogen und der eigentliche Pfosten gerammt. Das Querschnittsmaß des vorgeramnten Profils sollte in etwa dem des später verwendeten Pfostens entsprechen. Das Einrammen muss unbedingt unmittelbar nach dem Vorrammen erfolgen, da sonst ein Verstürzen des Rammkanals erfolgt und damit wieder gerundete Steine und Blöcke darin liegen, an denen die Pfosten abgelenkt bzw. verformt werden könnten.
- M3 das Hindernis zu durchbohren und der Pfosten in das mit Bohrklein, Kies oder Sand verfüllte Bohrloch neu zu rammen

M3 **Vorbohrungen**

M3.1 **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.*

M3.2 **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.

M3.3 **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.

M3.4 Rammen der Pfosten

- M3.4.1 Rammen Sie den Pfosten nach dem Bohrvorgang so schnell wie möglich in die verfüllten Bohrlöcher.
- M3.4.2 Rammen Sie die Pfosten so schnell wie möglich auf die Endtiefe.
- M3.4.3 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 cm 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 abzuschieben 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 sollte mit einer Drainage versehen werden, über die eine Entwässerung versickernden Niederschlagswassers in Richtung des natürlichen Gefälles 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 abzuschleiben 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. 0,5 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 Abschleiben 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 2m² 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 Niederschlagswasser-Ableitung oder -Behandlung nicht erforderlich, sofern in den vergangenen Zeiten der Niederschlag auf dem Baugrundstück schadlos versickert oder abgeflossen ist.

Aichach, den 02.11.2023

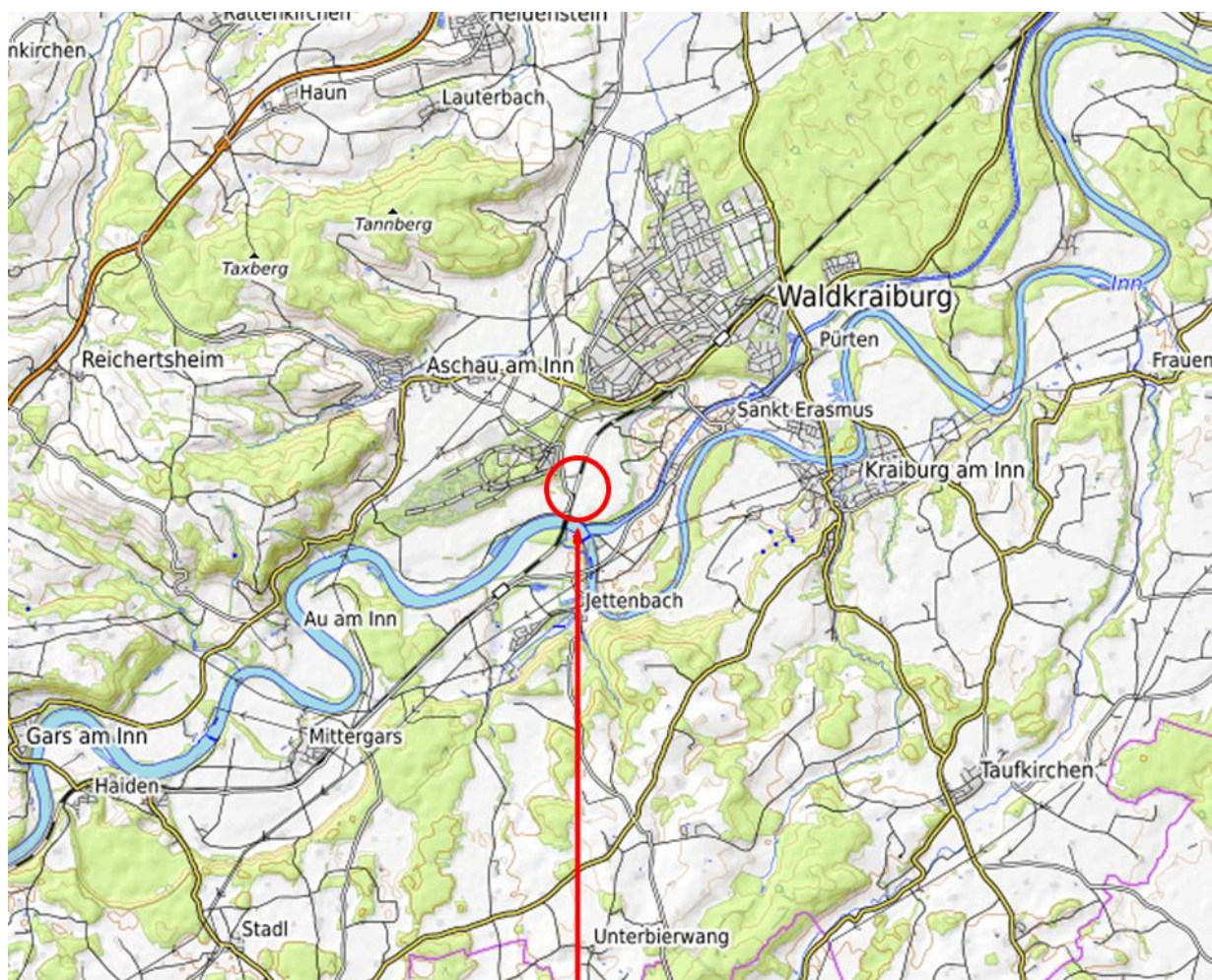


R. Hurler, Dipl.-Geol.

Anlagen

Anlage 1 Lagepläne

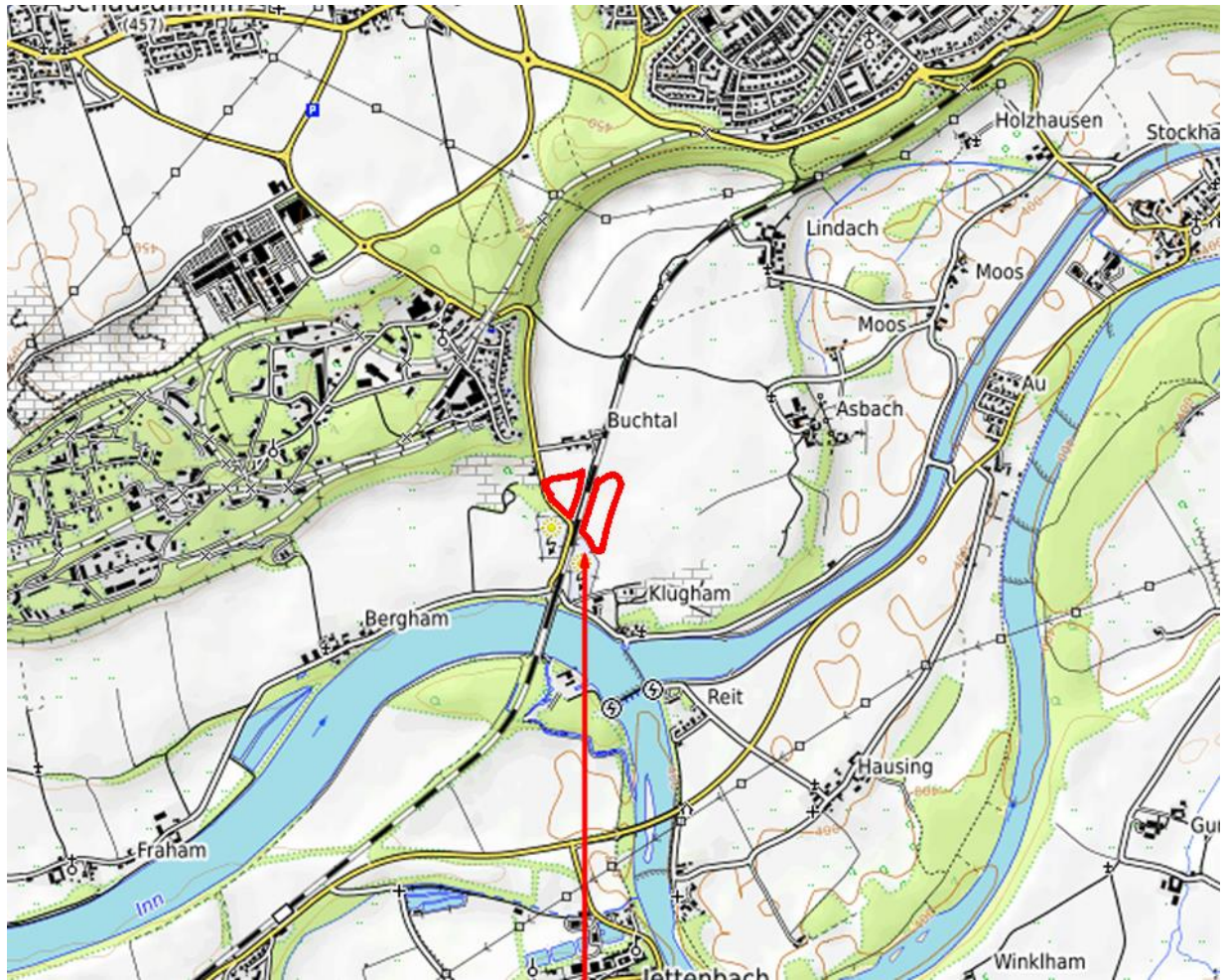
Anlage 1.1 Übersichtslageplan Maßstab 1 : 100.000



Lage des Untersuchungsgebietes

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

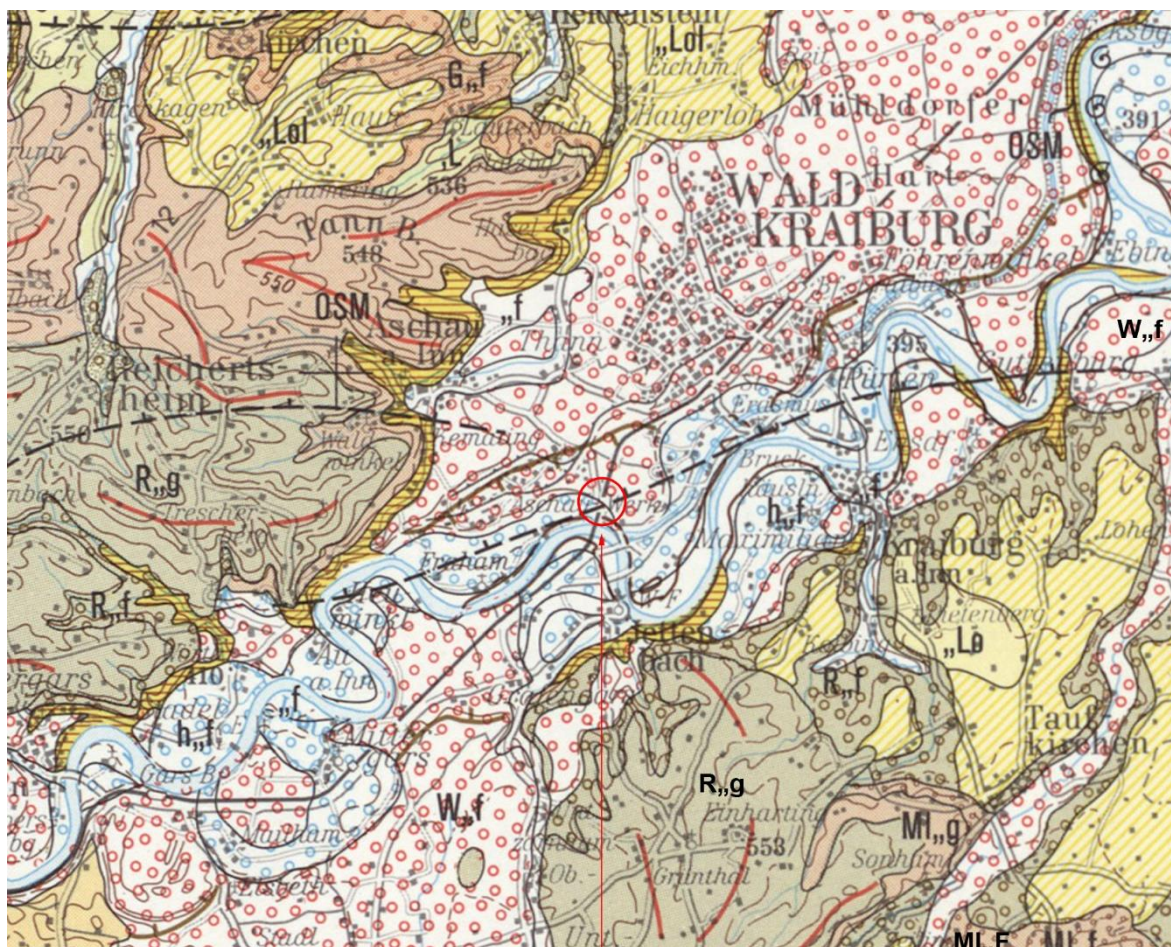
Anlage 1.2 Übersichtslageplan Maßstab 1 : 25.000



Lage des Untersuchungsgebietes

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

Anlage 1.3 Geologische Karte Maßstab 1 : 100.000

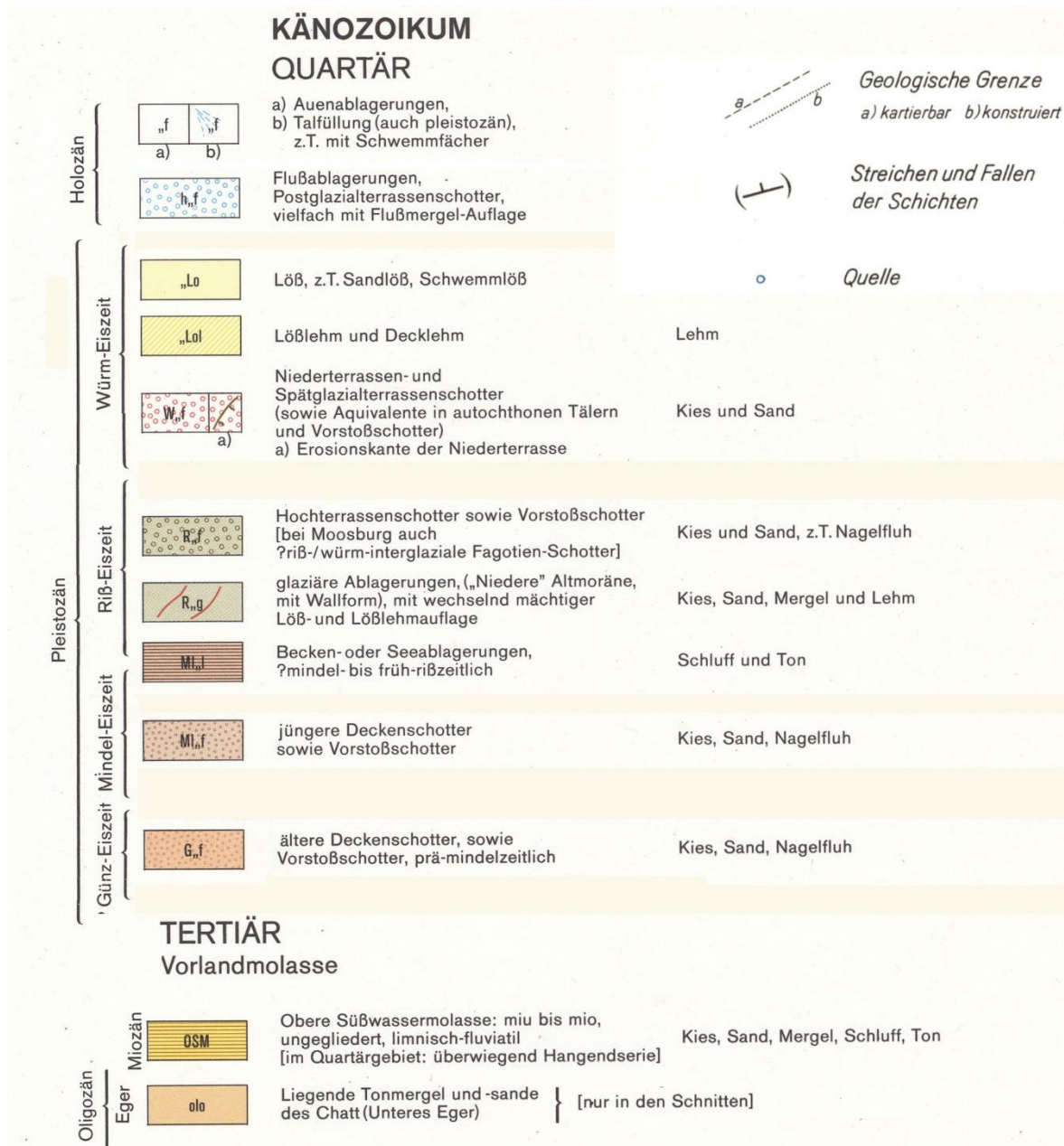


Lage des Untersuchungsgebietes

Kartendaten: Geologische Übersichtskarte Maßstab 1:200.000, Blatt CC 7934 München

© Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover (1991)

Legende Geologische Karte



Anlage 1.4 Lageplan der Sondierungen Maßstab 1 : 3.000



Rote Markierung = Umriss des Untersuchungsgebiets

Gelbe Markierung = In diesem Bereich ist verstärkt mit Rammhindernissen zu rechnen

AW1 – AW4 und AO1 – AO3 = Ansatzpunkte der Sondierungen

An den Standorten der Sondierungen AW1 und AO1 wurden Schlitzsondierungen abgeteuft.

An den Punkten AW1 und AO1 wurden Bodenproben aus Handschürfen entnommen.

Koordinaten der ungefähren Feldmitte Westfeld: 48.184238° 12.379818°

Koordinaten der ungefähren Feldmitte Ostfeld: 48.183767° 12.381568°

Anlage 2 Rammsondierungen

Anlage 2.1 Tabelle mit Ergebnissen der Rammsondierungen

Sondiererergebnisse Schläge je 10 cm Eindringung, DPL-5

Tiefe m	AW1	AW2	AW3	AW4	AO1	AO2	AO3
0,1	2	8	6	1	1	1	1
0,2	5	8	9	1	2	1	1
0,3	9	10	7	3	1	0	4
0,4	8	25	7	9	10	11	4
0,5	7	40	6	9	11	5	8
0,6	11	30	6	10	11	5	8
0,7	11	56	4	12	8	4	6
0,8	12	40	4	32	7	3	7
0,9	11		4	12	7	3	6
1,0	10		4	10	8	4	5
1,1	8		5	13	7	4	6
1,2	6		4	12	7	5	5
1,3	6		3	16	10	5	4
1,4	5		3	13	10	5	4
1,5	4		6	18	10	4	5
1,6	4		7	23	9	3	6
1,7	9		9	25	8	3	5
1,8	14		17	26	17	4	6
1,9	16		19	24	20	3	7
2,0	16		25	31	22	4	8
2,1	23		24	36	31	4	12
2,2	23		18	35	34	24	13
2,3	30		8		37	36	12
2,4	31		8			35	12
2,5	29		7			39	18
2,6	31		7				26
2,7			32				29
2,8			34				30
2,9			39				36
3,0							41
3,1							

*: potenzielle Rammhindernisse rot markiert

Anlage 2.2 Rammdiagramme

Sonde DPL-5

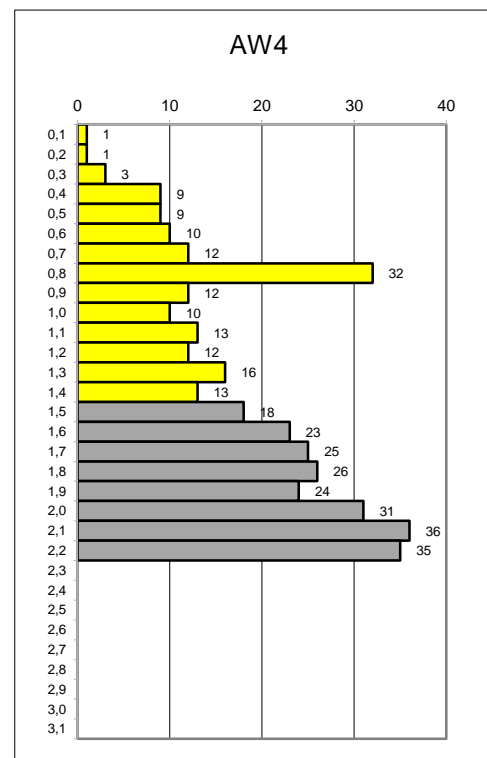
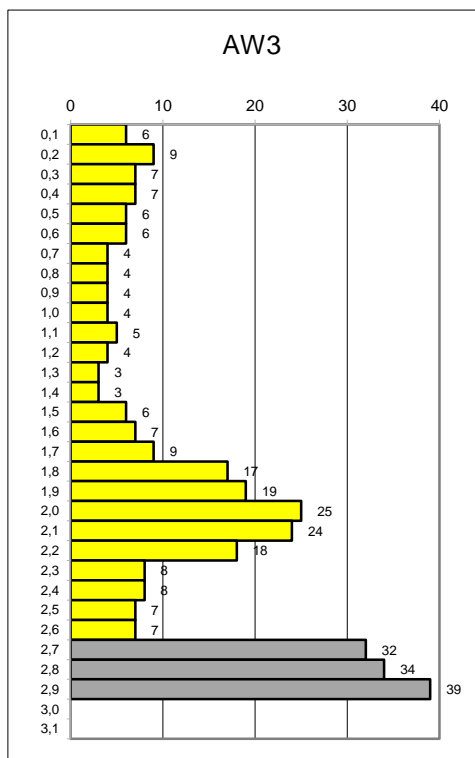
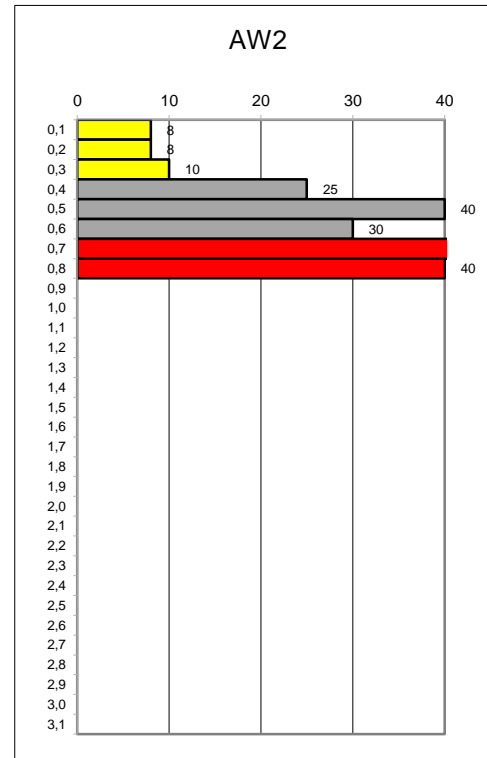
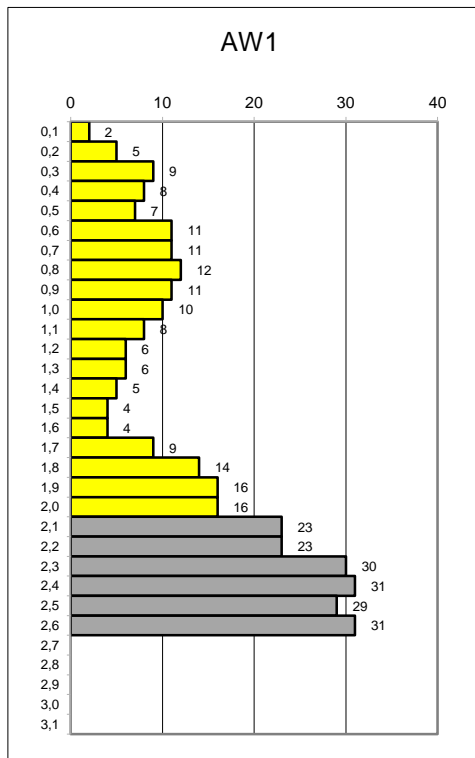
Erläuterung: Die Balkendiagramme zeigen die notwendige Anzahl der Schläge je 10 cm Eindringung, aufgetragen über die Tiefe. Für die Gründung bedeuten:

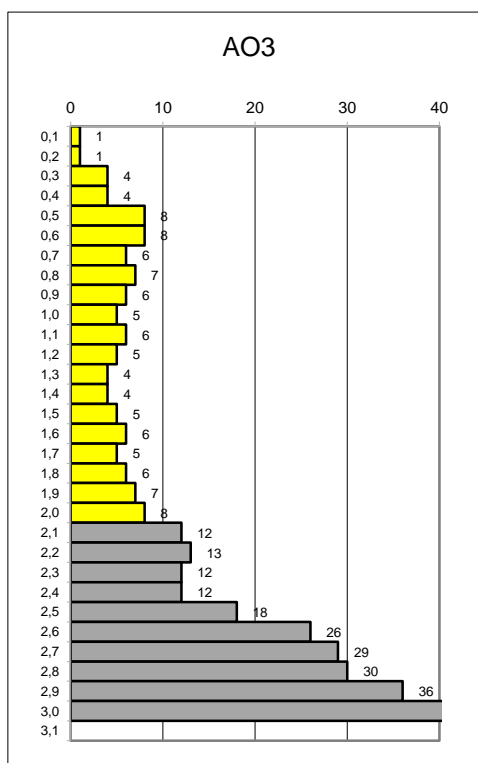
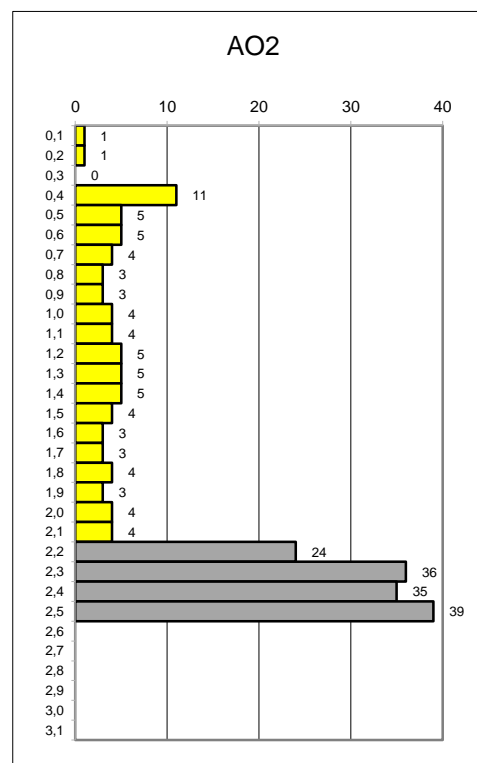
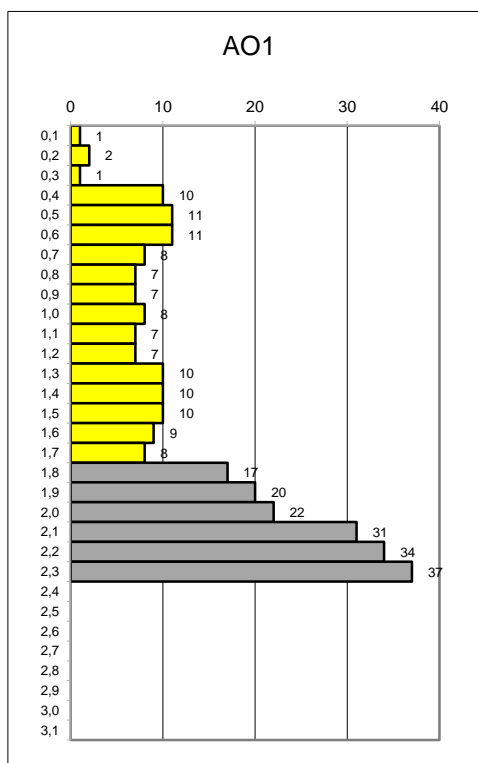
- Fall A Die Sondierung wurde deutlich tiefer als die spätere Gründung geführt. Das heißt, dass kein Rammhindernis für den Pfosten an dieser Stelle zu erwarten ist. Die notwendige Gründungstiefe wird für diesen Boden berechnet.
- Fall B Die Sondierung endet plötzlich mit einem hohen Rammwiderstand in 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** Sand
- Schicht **S2** Niederterrassenschotter
- Potenzielle Rammhindernisse







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

Schicht S1: Sand

(Sand, schluffig, schwach kiesig)

Farbe: braun

Mächtigkeit bis 2,6 m u GOK

Lagerungsdichte: Locker, teils mitteldichte Horizonte

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	2	20	15	0,0175

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

Schicht S2: Niederterrassenschotter

(Kies, sandig, schwach schluffig, teils steinig)

Farbe: braungrau

unterhalb der Schicht S1

Lagerungsdichte: mitteldicht bis dicht

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
22,0	35,0	3	40	35	0,035

Der Boden entspricht der Bodenklasse 4 (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 (zum Teil stark verwittert)	Boden künstlich aufgefüllt
Vorkommen, Anteil an Gesamtfläche	n.v.	Schichten S1 und S2 flächen-deckend	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.
Rammpbarkeit		Gut				
Ramm-hindernisse vorhanden		Möglich in Schicht S2				
Vorstechen / Vorbrechen/ Vorbohren erforderlich		In max. 10% der Fälle				
Boden korrosiv gegen verzinkten Stahl		Siehe Anlage 5				
Grundwasser		Unterhalb des Gründungs-niveau				
Hangneigung		Bis 4°				
Haltekräfte des Bodens gegen vertikale und horizontale Lasten		S1: Hor: gering Vert: gering S2: Hor: hoch Vert: hoch				
Befahrbarkeit R: Radfahrzeug K: Kettenfz.		Bei Nässe K: gut R: schlecht Bei Trockenheit K: gut R: gut				
Bewuchs		Feldfrüchte				

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

Anlage 4 Fotodokumentation



Abbildung 1: Blick auf das westliche Teilfeld



Abbildung 2: Blick auf das östliche Teilfeld

Anlage 5 Chemische Laboruntersuchungen

Anlage 5.1 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen der Bodenproben AW1 Co und AO1 Co

AW1 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: Umwelt
Ansprechpartner L. Schinhartl
Durchwahl: +49 89 82996931
E-Mail: Lena.Schinhartl@wessling.de

Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CMU23-008549-1

Datum: 07.11.2023

Auftrag Nr.: CMU-03379-23

Auftrag: BSC Aschau am Inn (AZ 23614-2)

i.A.

Michael Mista
Sachverständiger Umwelt
Diplom-Chemiker

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

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



Quality of Life

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

Probeninformation

Probe Nr.	23-154622-01
Bezeichnung	AW1 Co
Probenart	Boden
Probenahme	26.10.2023
Zeit	00:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	Göbl
Probengefäß	1x Pe-Beutel
Eingangsdatum	30.10.2023
Untersuchungsbeginn	30.10.2023
Untersuchungsende	07.11.2023

Probenvorbereitung gem. DIN 50929-3

	23-154622-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Fraktion > 5mm	29	g	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
4:1 Eluat	02.11.2023			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 3	AL
Salzsäureauszug	31.10.2023			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 4	AL

Messparameter gem. DIN 50929-3

Im 4:1 Eluat

	23-154622-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert vor Titration	7,78		EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	0,934	mmol/l	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Titrationstemperatur (Säure 4,3)	21,06	°C	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Chlorid (Cl)	1,3	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL
Sulfat (SO ₄)	1,8	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Im salzsauren Auszug

	23-154622-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, HCl-löslich	9.900	µg/l	Salzsäure	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

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

	23-154622-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfid (S)	<1	mg/kg	L-TS	DIN 4030-2 mod. (2008-06)	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,
 Thomas Symura
 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

	23-154622-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Abschlämbbare Bestandteile	28	Gew%	TS <5	DIN 50929-3 (2018-03)	*
Wassergehalt (105°C)	10,2	Gew%	OS <5	DIN EN 15934 (2012-11) A	AL
pH-Wert (50 %-ige Aufschlämmung)	7,9		OS <5	DIN EN 15933 mod. (2012-11)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	4,2	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	3,15	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Neutralsalze (Cl + 2*SO ₄), gelöst ind. 1/2 BG	0,3	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus Messung gem. DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

23-154622-01

Kommentare der Ergebnisse:

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

Norm

DIN EN 15933 mod. (2012-11)

DIN 4030-2 mod. (2008-06)

DIN ISO 22036 mod. (2009-06)

Modifikation

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

Aufschluss: Salzsäure/Zinnchlorid-Gemisch (18%HCl, 1% Sn(II)Cl) + Zinkpulver & anschließende elektrochemische Bestimmung gem. DIN 38405-27 (D27) (2017-10)

Bestimmung aus dem salzsauren Auszug nach DVGW GW 9: 2011-09, Anhang B, Modul 4

Legende

aS	ausführender Standort	OS	Originalsubstanz	EL 4:1	Eluat mit Wasser-Feststoff-Verhältnis 4:1
SalzsAu	SalzsAusz	L-TS	Luftrockensubstanz	TS <5	Trockensubstanz der <5mm Fraktion
sz	Originalsubstanz der <5mm Fraktion	AL	Altenberge	*	Kooperationspartner
OS <5	Originalsubstanz der <5mm Fraktion	n. b.	nicht bestimmbar	n. a.	nicht analysiert (chemisch), nicht auswertbar (mikrobiologisch)
n. n.	nicht nachgewiesen (chemisch), nicht nachweisbar (mikrobiologisch)				

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

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

AO1 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: Umwelt
Ansprechpartner: L. Schinhärl
Durchwahl: +49 89 82996931
E-Mail: Lena.Schinhärl@wessling.de

Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CMU23-008550-1

Datum: 07.11.2023

Auftrag Nr.: CMU-03379-23

Auftrag: BSC Aschau am Inn (AZ 23614-2)

i.A. 

Michael Mista
Sachverständiger Umwelt
Diplom-Chemiker

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

Geschäftsführer:
Anna Wedling,
Sven Polenz,
Thomas Symura
HRB 1953 AG Seinfurt



Quality of Life

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

Probeninformation

Probe Nr.	23-154622-02
Bezeichnung	AO1 Co
Probenart	Boden
Probenahme	26.10.2023
Zeit	00:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	Göbl
Probengefäß	1x Pe-Beutel
Eingangsdatum	30.10.2023
Untersuchungsbeginn	30.10.2023
Untersuchungsende	07.11.2023

Probenvorbereitung gem. DIN 50929-3

	23-154622-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Fraktion > 5mm	5	g	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
4:1 Eluat	02.11.2023			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 3	AL
Salzsäureauszug	31.10.2023			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 4	AL

Messparameter gem. DIN 50929-3

Im 4:1 Eluat

	23-154622-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert vor Titration	3,67		EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	n. a.	mmol/l	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Titrationstemperatur (Säure 4,3)	n. a.	°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)	2,4	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Im salzsauren Auszug

	23-154622-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, HCl-löslich	11.500	µg/l	SalzsAusz	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

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

	23-154622-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfid (S)	<1	mg/kg	L-TS	DIN 4030-2 mod. (2008-06)	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,
 Thomas Symura
 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

	23-154622-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Abschlämmbare Bestandteile	41	Gew%	TS <5	DIN 50929-3 (2018-03)	*
Wassergehalt (105°C)	15,0	Gew%	OS <5	DIN EN 15934 (2012-11) A	AL
pH-Wert (50 %-ige Aufschlämmung)	8,3		OS <5	DIN EN 15933 mod. (2012-11)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	n. a.	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	3,88	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Neutralsalze (Cl + 2*SO ₄), gelöst incl. %BG	0,3	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus Messung gem. DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

23-154622-02

Kommentare der Ergebnisse:

Sk 4,3, gel. El 4:1 (F min) Potentiometrie 50929-3 - R, Volumen Salzsäure (HCL): Der pH-Wert ist <4,3.

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

Norm

DIN EN 15933 mod. (2012-11)

DIN 4030-2 mod. (2008-06)

DIN ISO 22036 mod. (2009-06)

Modifikation

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

Aufschluss: Salzsäure/Zinnchlorid-Gemisch (18%HCl, 1% Sn(II)Cl) + Zinkpulver & anschließende elektrochemische Bestimmung gem. DIN 38405-27 (D27) (2017-10)
 Bestimmung aus dem salzsauren Auszug nach DVGW GW 9: 2011-09, Anhang B, Modul 4

Legende

aS	ausführender Standort	OS	Originalsubstanz	EL 4:1	Eluat mit Wasser-Feststoff-Verhältnis 4:1
SalzsAu	SalzsAusz	L-TS	Luftrockensubstanz	TS <5	Trockensubstanz der <5mm Fraktion
sz		AL	Altenberge	*	Kooperationspartner
OS <5	Originalsubstanz der <5mm Fraktion	n. b.	nicht bestimmbar	n. a.	nicht analysiert (chemisch), nicht auswertbar (mikrobiologisch)
n. n.	nicht nachgewiesen (chemisch), nicht nachweisbar (mikrobiologisch)				

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

Geschäftsführer:
 Anna Wiedling,
 Sven Polenz,
 Thomas Symura
 HRB 1953 AG Steinfurt

Anlage 5.2 Analyse hinsichtlich Stahlaggressivität nach DIN 50929

AW1 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:

23-154622-01

AW1 Co

Merkmal und Messgröße	Einheit	Analyse	Bewertungszahl
(1) Abschlammbare Bestandteile (a) Verunreinigungen (Torf, Moor, Schlacken, Dünger, etc.)?	Ma%	28,0	Z ₁ = 2
		nein	
(3) Wassergehalt	Ma%	10,2	Z ₃ = 0
(4) pH-Wert		7,9	Z ₄ = 0
(5+6) Pufferkapazität (berechnet)	mmol/kg		
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/kg	4,2	Z ₅ = 0
Basekapazität bis pH 7,0	mmol/kg	0	Z ₆ = 0
(7) Sulfid (S²⁻)	mg/kg	<1,0	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	3,2	Z ₈ = -1

Örtliche Gegebenheiten:	Bewertungszahl
(2) spezifischer elektrischer Bodenwiderstand 73,2 Ω*m	Z ₂ = 0
(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

13.11.2023

F.Göbl

Ort

Datum

Sachbearbeiter

ConSoGeol

GmbH & Co. KG

AO1 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:

23-154622-02

AO1 Co

Merkmal und Messgröße	Einheit	Analyse	Bewertungszahl
(1) Abschlämbbare Bestandteile (a) Verunreinigungen (Torf, Moor, Schlacken, Dünger, etc.)?	Ma%	41,0	Z ₁ = 0
		nein	
(3) Wassergehalt	Ma%	15,0	Z ₃ = 0
(4) pH-Wert		8,3	Z ₄ = 0
(5+6) Pufferkapazität (berechnet) Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/kg	0,0	Z ₅ = 0
Basekapazität bis pH 7,0	mmol/kg	0	Z ₆ = 0
(7) Sulfid (S²⁻)	mg/kg	<1,0	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	3,9	Z ₈ = -1

Örtliche Gegebenheiten:	Bewertungszahl
(2) spezifischer elektrischer Bodenwiderstand 49,4 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=

-3

Bewertungszahlsumme B₁=

-3

Einschätzung/Beurteilung:

Der Boden ist in die Bodenklasse **I b** einzuordnen, die Korrosionsbelastung ist **niedrig**.
 (B₀= **-3**)

Die Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen ist **gering** bezüglich der Mulden- und Lochkorrosion und **sehr gering** bezüglich der Flächenkorrosion.
 (B₁= **-3**)

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

Aichach
Ort

13.11.2023
Datum

F.Göbl
Sachbearbeiter

ConSoGeol
GmbH & Co. KG

Bewertung stahlkorrossiver Eigenschaften gemäß DIN 50929

Für die Bodenprobe AW1 Co (Standort AW1, Labornummer 23-154622-01) 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 ebenfalls die Einstufung sehr gering.

Für die Bodenprobe AO1 Co (Standort AO1, Labornummer 23-154622-02) wird die Korrosionsbelastung als **niedrig** eingestuft (Bodenklasse I b, $B_0 = -3$).

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 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 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.