

**Solarpark**

**Weilheim**

**Kreis Weilheim-Schongau, Bayern**

**Deutschland**

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

**Auftraggeber**

Varista GmbH

An der Aitranger Straße 3

D-87647 Unterthingau

**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](mailto:info@consogeol.com)

Bearbeiter

Robert Hurler, Tanja Haupt

## **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 Hinweis zum möglichen Zinkabtrag in den Boden
  - 5.8 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 : 1.000
- Anlage 2 Rammsondierungen
  - Anlage 2.1 Tabelle mit Ergebnissen der Rammsondierungen
  - Anlage 2.2 Rammdiagramme
- Anlage 3 Bodenkenwerte der erkundeten Schichten und Klassifizierung der Eignung für gerammte Pfosten
- Anlage 4 Chemische Laboruntersuchungen
  - Anlage 4.1 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen der Bodenproben W1 Co und W3 Co
  - Anlage 4.2 Analyse hinsichtlich Stahlaggressivität nach DIN 50929
  - Anlage 4.3 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen hinsichtlich Zink und pH-Werten
  - Anlage 4.4 Analyse hinsichtlich Zink und pH-Werten
- Anlage 5 Ermittlung der erforderlichen Rammtiefen

## 1 Lage und Vorgang, geologische Situation

Die ConSoGeol GmbH & Co. KG wurde am 22.05.2024 beauftragt, die Untersuchungen zur Ermittlung der Rammtiefe für die Gründung von Photovoltaik-Tischen gemäß Angebot vom 03.05.2024 durchzuführen.

Die Arbeiten erfolgten vor Ort in KW 26/2024 (Entnahme von Bodenproben, geologische Feldaufnahme und Rammsondierungen).

Es wurden nach geologischer Aufnahme des Untersuchungsgebiets insgesamt 4 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 Photovoltaik-Anlage liegt ca. 6 km westlich von Weilheim auf einer landwirtschaftlich genutzten Wiese. Der Ammersee, der durch das Abschmelzen der Gletscher in der letzten Eiszeit entstanden ist liegt etwa 15 km nördlich des Untersuchungsgebietes. Der Zellsee liegt 2 km weiter westlich. Rund um das Gebiet befinden sie Weideflächen für Nutzvieh. Nördlich und östlich erstrecken sich kleinere Waldgebiete.

Die Untersuchungsfläche ist horizontal, flach und eben. 200 Meter südlich verläuft ein Graben, der als natürlicher Vorfluter der Fläche fungiert. Grundwasser wurde in ca. 2 Meter Tiefe angetroffen.

Aus geologischer Sicht gehört der Betrachtungsraum zur eiszeitlichen Moränenlandschaft des Voralpenlandes. Er liegt in der südlichen Verlandungszone des Ammersees, einem Zungenbecken des ehemaligen Isar-Loisachgletschers. Während der jüngsten Vereisungsperiode (Würm-Kaltzeit) wurde hier vom Gletscher im tieferen Untergrund lehmiges Grundmoränenmaterial abgelagert, das auch Einschaltungen von Kiesen, Schottern oder auch einzelnen Findlingen enthalten kann. Im Falle der genauen Lage des Untersuchungsgebietes sind die Kiese der Moränenschotter aber von einer mächtigen Lehmschicht überdeckt, wie aus den eigenen geologischen Feldaufnahmen hervorging..

Bei den Feldarbeiten wurde ab der Oberfläche ein dunkelbrauner, humoser Oberboden angetroffen (= Schicht **S0**), dieser besteht aus schluffigem Ton und ist etwa 0,3 m mächtig. Darunter folgt eine Lehmüberdeckung, welcher stark tonig, schluffig, schwach sandig und teils schwach kiesig ist (= Schicht **S1**). Unterhalb von Schicht **S1**, folgt Schicht **S2** aus Schotter (Kies, schluffig, sandig, z. T. steinig) von grauer Farbe.

Aufgrund der Lage im damals vergletscherten Bereich, bzw. im Periglazialbereich, besteht die Möglichkeit, dass der tiefere 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 regellos über alle Tiefen verteilt im Untergrund vorkommen.

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 4 Stellen (Bezeichnungen der Aufschlussstellen mit W1 – W4) wurde mittels der

leichten Rammsonde die Lagerungsdichte bzw. die Konsistenz des Bodens in Abhängigkeit von der Tiefe geprüft. An 2 Stellen (W1 und W3) wurden Bodenproben mittels der Schlitzsonde entnommen und 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 4).

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

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

Der Bodenaufbau wurde bei der ingenieurgeologischen Aufnahme des 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 1,7 und 2,4m 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 cm<sup>2</sup> (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 Untersuchungsgebiets wie folgt beschreiben:

Bei den Feldarbeiten wurde ab der Oberfläche ein dunkelbrauner, humoser Oberboden angetroffen (= Schicht **S0**). Dieser ist weich bis steif und besitzt eine Mächtigkeit von 0,3 m. Darunter folgt eine Lehmüberdeckung (= Schicht **S1**), welcher stark tonig, schluffig, schwach sandig und teils schwach kiesig ist, von braun-gelblicher Farbe und bis zu 1 m Mächtigkeit. Unterhalb von Schicht **S1**, folgt Schicht **S2** aus Schotter (Kies, schluffig, sandig, z. T. steinig) von grauer Farbe, welche locker bis dicht gelagert sind.

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

Aus hydrogeologischer Sicht bilden die Schotter der Schicht **S2** in ihrer Gesamtheit das oberste zusammenhängende quartäre Grundwasserstockwerk, dessen Grundwasser unterirdisch dem natürlichen Vorfluter, im vorliegenden Fall dem oberen Rautgraben, welcher ca 200m südlich verläuft. Dieser liegt zwar knapp unter der dem Untersuchungsgebiet, aber üblicherweise ist der Grundwasserspiegel innerhalb quartärer Schottergrundwasserstockwerke temporär starken Schwankungen bis in den Meter-Bereich unterworfen. Daher ist davon auszugehen, dass der Grundwasserspiegel in Zeiten von hohen Grundwasserverhältnissen bis auf das Niveau der gerammten Pfosten ansteigen kann.

Angesichts der Situation, dass die Ramppfosten nicht immer ohne Kontakt zum Grundwasser eingebaut werden können, sollten die Vorgaben der Fachbehörden dem heutigen Stand entsprechend planerisch berücksichtigt werden. Um daher Zinkeinträge in den Boden zu minimieren, sollten keine einfach feuer- oder spritzverzinkten Stahlprofile eingesetzt werden. Stattdessen sind korrosionsoptimierte Zink-Aluminium-Magnesium-Legierungen (z. B. „Magnelis©“, 93,5 % Zn, 3,5 % Al, 3 % Mg oder gleichwertig) zu verwenden, deren Zinkabtragspotential um ein vielfaches geringer ist als das früher eingesetzter Zinkbeschichtungen.

### **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** (Lehmüberdeckung), **S2** (Schotter)

Die Schicht **S1** wird sich mit sehr geringer bis geringer Rammenergie erreichen lassen. Dabei besitzt sie nur geringe Haltekräfte gegenüber vertikalen Kräften.

In der Schicht **S2** (Schotter) ist das Einrammen mit mittlerer bis hoher Rammenergie möglich, in dieser Schicht werden die Pfosten allerdings manchmal auf sehr dicht gelagerten Schotter treffen, der ein Rammhindernis darstellen kann. Außerdem besteht aufgrund der Lage im damals vergletscherten Bereich, bzw. im Periglazialbereich die Möglichkeit, dass der tiefere 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 regellos über alle Tiefen verteilt im Untergrund vorkommen. Dadurch werden in dieser Schicht teilweise Vorbohrungen erforderlich, um die empfohlenen Rammtiefe zu erreichen.

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

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

#### **4    Ausgangswerte für die Berechnungen**

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

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

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

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

I.d.R. ausschlaggebend für die notwendige Rammtiefe sind 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 Kräfteinleitung 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 W1 und W3 (zur Lage siehe Anlage 1.4) wurden aus Handschürfen die Bodenproben W1 Co und W3 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 4 dargestellt und werden dort näher erläutert.

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

## 5.3 Hinweis zum Rammvorgang der Stahlprofile

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

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

Unmittelbar nach dem Einrammen liegt bei Schluff und Feinsand daher der Boden nicht auf der gesamten Länge des Stahlprofils an, sondern nur im untersten Bereich. Damit ist die Wirksamkeit der Mantelreibung auf diese kurze untere Strecke begrenzt. 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 Schicht S1 ist mit deutlich ausgebildeten Rammkanälen zu rechnen, die erst im Laufe von einigen Wochen vollständig zusammenfallen. Bis zum Abschluss der Montagearbeiten ist aber die ausreichende Tragfähigkeit der Rammprofile in jedem Fall gegeben.**

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

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

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

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

#### **5.4 Hinweis zur Vorgehensweise beim Antreffen von undurchdringbaren Rammhindernissen**

Auf dem gesamten Feld ist innerhalb der Schichten **S1** und **S2** mit dem Antreffen von Rammhindernissen in Form von größeren Steinen zu rechnen. Die Wahrscheinlichkeit solcher undurchdringbarer Rammhindernisse wird als mittel eingeschätzt.

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

- 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 cm weniger als die berechnete Rammtiefe betragen.

Zudem sind die folgenden Methoden zur Durchörterung der Rammhindernisse denkbar:

- M2 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 Querschnittsmaßes 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.
- M3 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 vorgerammten 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.

## **5.5 Hinweis zur Aufstellung von Trafo- oder Wechselrichterstationen**

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

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

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

Wird der Unterbau für die Trafo- und Wechselrichterstationen wie oben beschrieben hergestellt, ist der Untergrund in der Lage, Belastungen von 80 kN/m<sup>2</sup> problemlos aufzunehmen.

Für geotechnische Berechnungen können bei Streifenfundamenten mit Einbindetiefen zwischen 0,5 und 1,0 m Tiefe ohne weitere Prüfungen Sohlspannungen bis zu 100 kN/m<sup>2</sup> zugelassen werden.

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

## 5.6 Hinweis zur Herstellung von Baustraßen

Zur Herstellung von Baustraßen, die mit **Schwerlastverkehr** oder **sehr häufig mit Baumaschinen befahren** werden sollen, sind zunächst max. 0,3 m an Oberboden abzuschleppen und auf der darunterliegenden Schicht eine profilgerechte, ebene untere Tragschicht mit einer Querneigung von  $\geq 3^\circ$  herzustellen. Es wird empfohlen, dieses Erdplanum mit einem gut zu verdichtenden Sand-Kies-Gemisch oder Recycling-Material 0/16 oder 0/32 unter Zwischenlage eines einfachen Trennvlieses (Geotextil) 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  $3^\circ$  erhalten.

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

## 5.7 Hinweis zum möglichen Zinkabtrag in den Boden

Bei Zink handelt es sich nicht um ein Schwermetall, sondern um ein Übergangsmetall. Daher ist es von der Schwermetall-Problematik nicht betroffen. Zink ist für die meisten Lebewesen ein essentielles Spurenelement und daher auch als Nahrungsergänzungsmittel im Handel erhältlich.

Aufgrund der vonseiten der Wasserbehörden angesprochenen möglichen Risiken eines eventuell feststellbaren Zinkaustrags in den Boden sollten als Rammpfosten keine feuer-, spritz- oder Tauchbad-verzinkten, sondern nur Stahlprofile mit verbessertem, dem heutigen Stand der Technik entsprechendem Korrosionsschutz verwendet werden. Dabei handelt es sich um Flachstahlprodukte, die beidseitig mit einer Zink-Magnesium Legierung beschichtet sind. Zink kann an einfach verzinkten Stahlträgern im Erdreich durch Korrosionsprozesse in Lösung gehen. Die Legierung bietet jedoch einen verbesserten Korrosionsschutz verglichen mit der früher üblichen Technologie und lässt eine (gemäß Testergebnissen der Hersteller) mindestens um den Faktor 6 reduzierten Abtrag aus dem Korrosionsschutz erwarten. Auch der Gesamteinsatz an Zink wird bei gleichem Schutz gegenüber üblichen feuerverzinkten Stählen halbiert.

Die Löslichkeit von Zink im Boden ist u.a. abhängig vom pH-Wert. In neutralen oder alkalischen Böden sind gemäß HERMS und BRÜMMER (1980) nur geringste Zinklöslichkeiten zu erwarten. Gemäß der chemischen Analyse liegen die pH-Werte des Bodens im Bereich von 6,9 bis 8,0 (s. Anlage 4) und entsprechen somit diesen Anforderungen.

Somit sind im Allgemeinen nur extrem geringe Zinkabträge zu erwarten. Durch die Verwendung von ZM Ecoprotect®-Stahlprofilen (oder gleichwertig) wird dem Stand der Technik, wie vorstehend erwähnt, Rechnung getragen.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Beschichtung nicht aus reinem Zink besteht, was den Zinkabtrag weiter reduziert. Und selbst für den nur theoretisch denkbaren Fall, dass die gesamte Zinkmenge abgetragen wird, ist die daraus resultierende Menge im Vergleich zur Masse des umgebenden Bodens so gering, dass selbst dann eine Erhöhung des Zinkgehalts noch deutlich unter 1 ppm läge. Selbst dieses für die Praxis auszuschließende Worst-Case-Szenarium lässt daher keine negativen Auswirkungen für den Bodenchemismus befürchten.

Vorsorglich kann zusätzlich aus der Sohle der Kabelgräben an 10 über das Feld verteilten Stellen jeweils eine Bodenprobe entnommen werden und anhand dieser der derzeit gegebene Zinkgehalt im Boden vor dem Bau der Anlage ermittelt werden.

## 5.8 Sonstige Hinweise

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

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

Aichach, den 09.07.2024

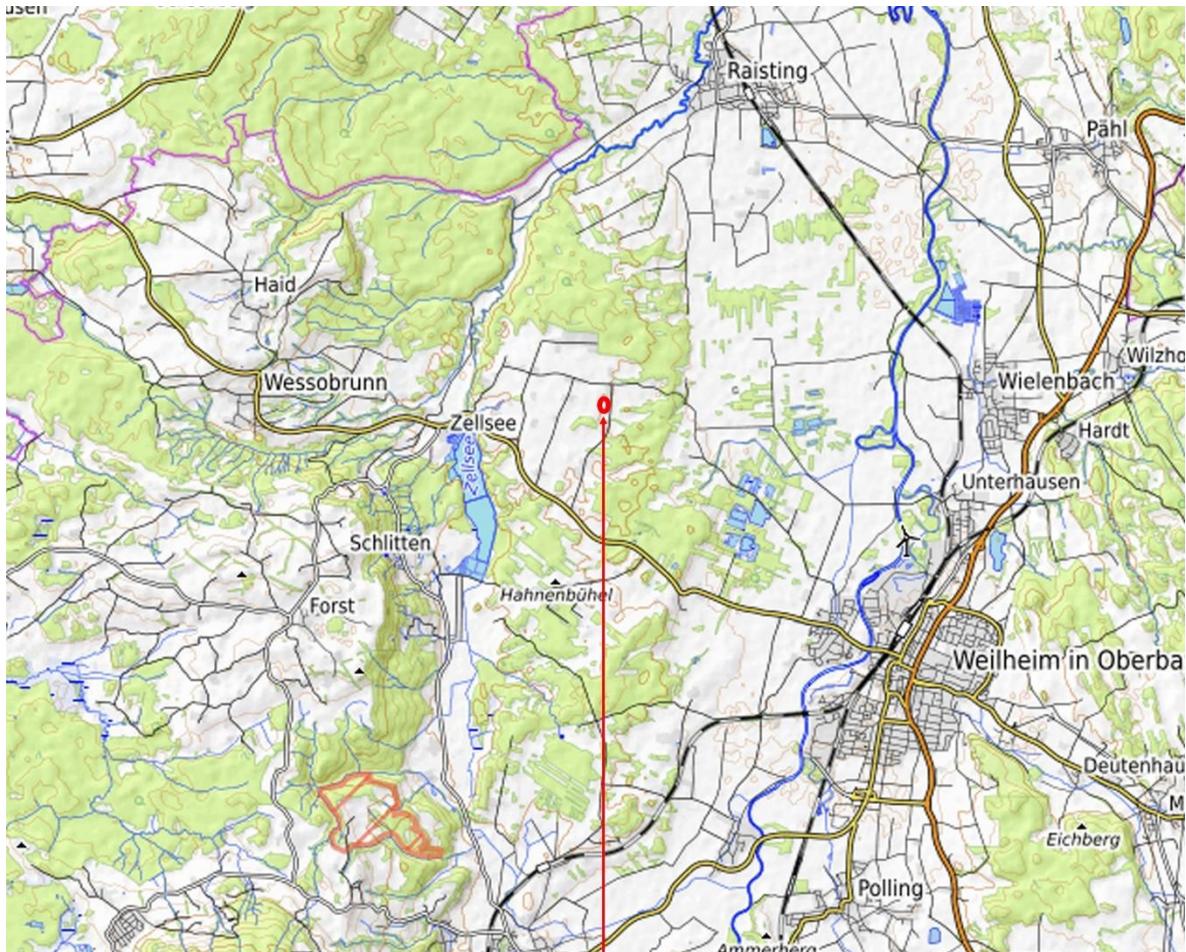


R. Hurler, Dipl.-Geol.

# Anlagen

## Anlage 1 Lagepläne

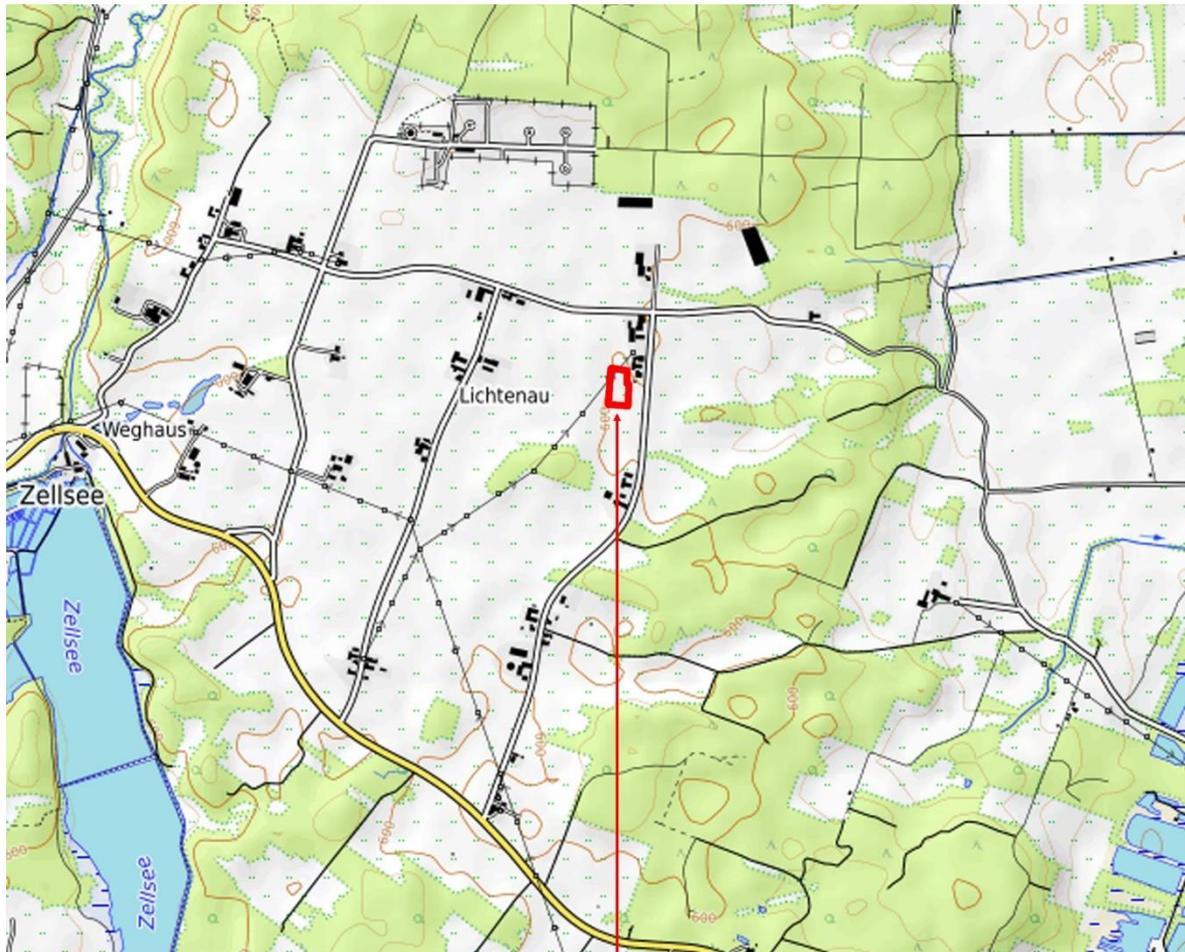
### Anlage 1.1 Übersichtslageplan Maßstab 1 : 100.000



Lage des Untersuchungsgebietes

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

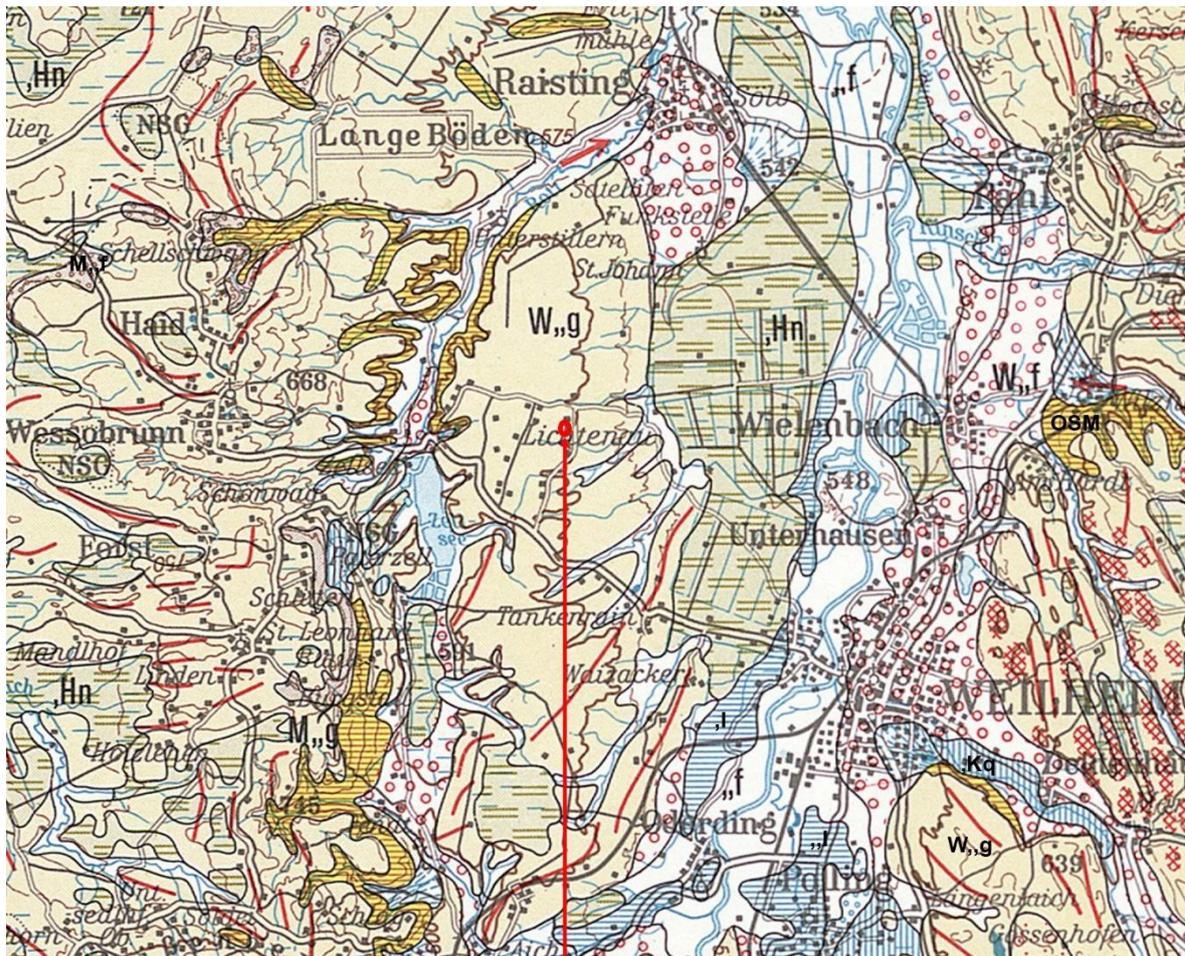
Anlage 1.2 Übersichtslageplan Maßstab 1 : 25.000



Lage des Untersuchungsgebietes

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

Anlage 1.3 Geologische Karte Maßstab 1 : 100.000



Lage des Untersuchungsgebietes

Kartendaten: Geologische Übersichtskarte Maßstab 1:200.000, Blatt CC 8726 Kempten(Allgäu)

© Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover (1983)

### Legende Geologische Karte

		<b>KÄNOZOIKUM</b>	
		<b>QUARTÄR</b>	
Holozän          Pleistozän Würm-Eiszeit    Mindel-Eiszeit		Talfüllung	Kies und Auelehm
		Schwemmkegel	
		Niedermoor (und Moor, ungegliedert)	Bruchwald-, Schilf- und Seggentorf, meist stark zersetzt
		Alm- und Kalktuff (Quellkalk)	poröser Sinterkalkstein und grusig-lockere Kalkabsätze an Quellen und in Bächen
		See-Ablagerungen, pleistozän, z.T. holozän	Seeton, z.T. Sand
		fluviatile Ablagerungen, würmzeitlich (Niederterrassenschotter)	Kies und Sand, z.T. mit Löß und Lößlehm bedeckt
		glaziäre Ablagerungen (Moräne)	Kies und Sand, z.T. schluffig
		Wallform   Schmelzwasserrinne*	
		Drumlin	
		glaziäre Ablagerungen (Moräne)	Kies, Sand und Schluff, z.T. verfestigt
	fluviatile Ablagerungen (Jüngerer Deckenschotter)	Kies, meist klein- bis mittelgeröllig, verfestigt (Nagelfluh), mit Verwitterungsschlotten, z.T. mit Lößlehm bedeckt	
		<b>TERTIÄR</b>	
		<b>Molasse</b>	
	a) b) OSM	Obere Süßwassermolasse, Karpat und jünger, limnisch-fluviatil	a) Sand (Flinzsand), Sandstein und Mergelstein, b) Konglomerate [-> 500 m]
		<b>Zeichen</b>	
	tektonische Grenzen, allgemein	nachgewiesen	
		vermutet	

Anlage 1.4 Lageplan der Sondierungen Maßstab 1 : 1.000



Rote Markierung = Umriss des Untersuchungsgebiets

W1 – W4 = Ansatzpunkte der Sondierungen

An den Standorten der Sondierungen W1 und W3 wurden Bodenproben aus der Schlitzsonde und aus Handschürfen entnommen.

Koordinaten der ungefähren Feldmitte: 47°52'23.84"N 11°5'16.18"E

## Anlage 2    Rammsondierungen

### Anlage 2.1    Tabelle mit Ergebnissen der Rammsondierungen

Sondierergebnisse Schläge je 10 cm Eindringung, DPL-5

Tiefe m	W1	W2	W3	W4
0,1	1	2	1	1
0,2	5	5	5	4
0,3	6	6	6	4
0,4	5	15	4	2
0,5	4	8	4	3
0,6	4	6	4	3
0,7	4	7	5	6
0,8	4	7	6	6
0,9	5	10	9	5
1,0	5	9	19	10
1,1	7	7	23	9
1,2	9	7	20	10
1,3	7	8	21	13
1,4	10	10	17	15
1,5	12	14	13	23
1,6	15	18	15	30
1,7	17	30	16	100
1,8	25	31	18	
1,9	26	33	22	
2,0	26		25	
2,1	24		32	
2,2	34		32	
2,3	39		38	
2,4	46			

## Anlage 2.2 Rammdiagramme

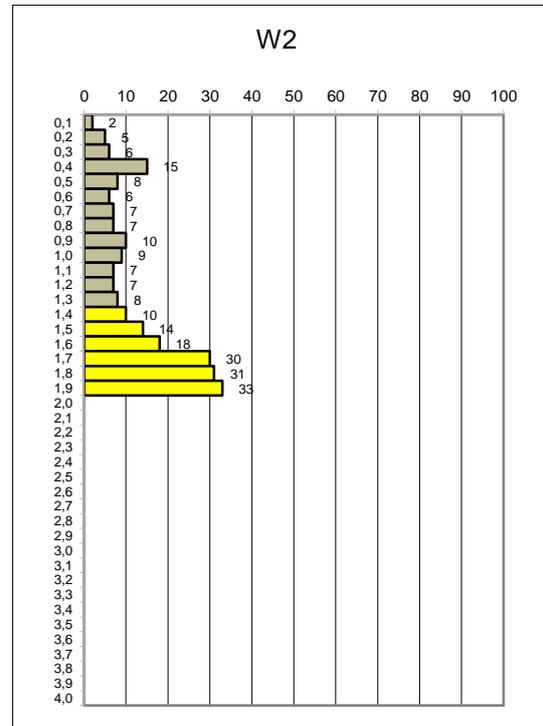
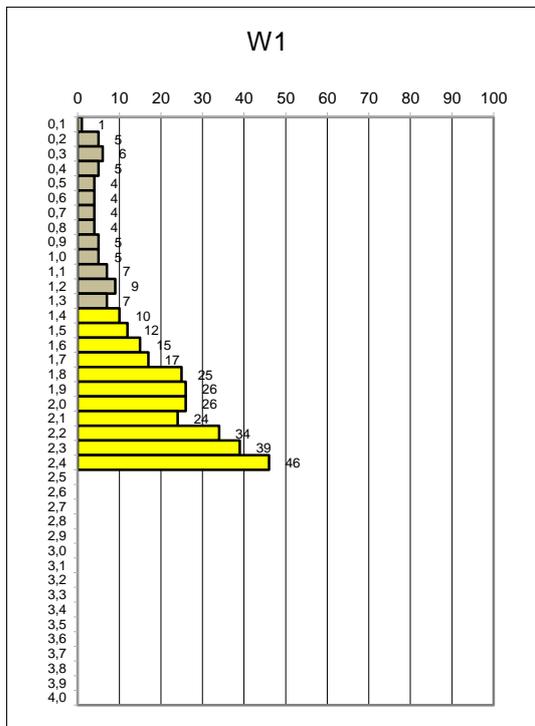
### Sonde DPL-5

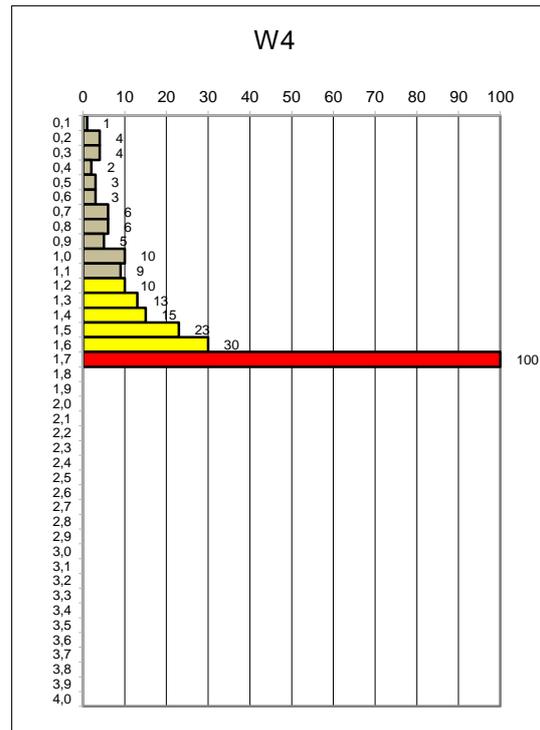
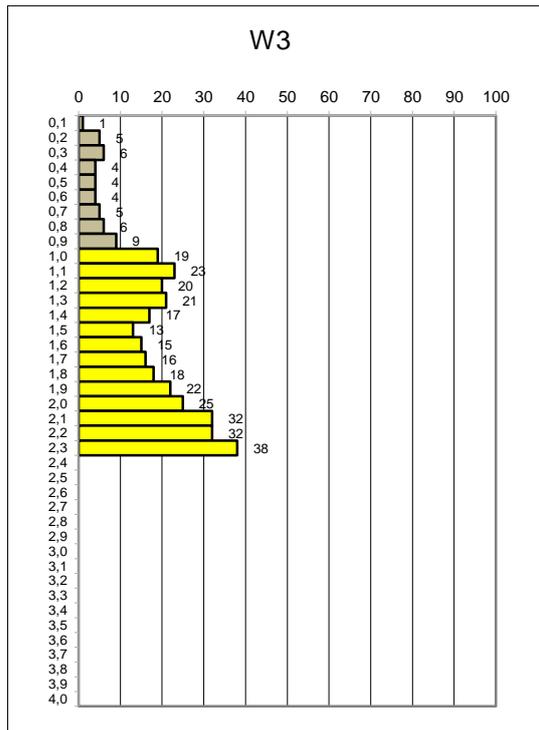
Erläuterung: Die Balkendiagramme zeigen die notwendige Anzahl der Schläge je 10 cm Eindringung, aufgetragen über die Tiefe. Für die Gründung bedeuten:

- 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** Lehmüberdeckung  
 Schicht **S2** Schotter  
 Rammhindernis





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

Schicht **S0**: Oberboden  
 (humos, tonig, schluffig)  
 braun - dunkelbraun  
 Mächtigkeit: bis 0,3 m  
 Konsistenz: weich

Auf Grund der geringen Mächtigkeit und Konsolidierung werden keine Bodenkennwerte vergeben und es ist lediglich die Mächtigkeit des Oberbodens relevant für die Rammtiefenberechnung.

Schicht **S1**: Lehmüberdeckung  
 (Ton, schwach kiesig, schluffig, sandig)  
 Unterhalb der Schicht **S0**  
 Mächtigkeit: bis zu 1 m  
 Farbe: braun-gelb  
 Konsistenz: steif

Wichte $\gamma$ cal.	Reibungswinkel $\varphi$ cal.	Kohäsion $c'$ cal	Steife vertikal Es v	Steife horizontal Es h	Mantelreibung (Bruchwert)
kN/m <sup>3</sup>	°	kN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>
19,5	22,5	7	20	25	0,020

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

Schicht **S2**: Schotter  
 (schluffiger und sandiger Kies, z.T. steinig)  
 Farbe: dunkelgrau, vereinzelt braun  
 Mächtigkeit mehrere Meter  
 dicht – sehr dicht gelagert

Wichte $\gamma$ cal.	Wichte unter Auftrieb $\gamma'$ cal	Reibungswinkel $\varphi$ cal.	Kohäsion $c'$ cal	Steife vertikal Es v	Steife horizontal Es h	Mantelreibung (Bruchwert)
kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>		kN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>
21,0	14,0	33,0	2	80	70	0,045

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

Bodenart	Bindiger Boden (Ton und Schluff)	Rolliger Boden (Sand und Kies)	Grob-körniger Boden (Kies und Steine)	Mischboden mit unterschiedlichen Korngrößen	Fels (stark verwittert)	Fels (kompakt)	Boden künstlich aufgefüllt
Vorkommen, Anteil an Gesamtfläche	Schicht <b>S1</b>	n.v.	Schicht <b>S2</b>	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.
Rammbarkeit	Sehr gut		mittel				
Rammhindernisse vorhanden	Nicht auszuschließen		ja				
Vorstechen / Vorbrechen / Vorbohren erforderlich	nein		Evtl.				
Boden korrosiv gegen verzinkten Stahl	Siehe Anlage 4		Siehe Anlage 4				
Grundwasser	In ca. 2,0 m		In ca. 2,0 m				
Hangneigung	0°						
Haltekräfte des Bodens gegen vertikale und horizontale Lasten	Schicht <b>S1</b> : Hor.: gering Vert.: gering		Hor.: mittel - hoch Vert.: mittel hochl				
Befahrbarkeit R: Radfahrzeug K: Kettenfz.	Trocken: R: gut K: gut  Bei nasser Witterung: R: schlecht – sehr schlecht K: gut						
Bewuchs	Grünland						

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

## Anlage 4 Chemische Laboruntersuchungen

### Anlage 4.1 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen der Bodenproben W1 Co und W3 Co

W1 Co:



Quality of Life

WESSLING GmbH  
Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82 · 81739  
München  
[www.wessling.de](http://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: L. Schinhärl  
Durchwahl: +49 89 82998931  
E-Mail: [Lena.Schinhärl@wessling.de](mailto:Lena.Schinhärl@wessling.de)

#### Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CMU24-004838-1

Datum: 09.07.2024

Auftrag Nr.: CMU-01675-24

Auftrag: Varista Weilheim (Az 24282-6)

*Schinhärl*

Lena Schinhärl  
Sachverständige Wasser  
M. Sc. Verhaltens-, Neuro- und Kognitionsbiologie

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

Geschäftsführer:  
Anna Weidling  
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.	24-081798-01
Bezeichnung	W1 Co
Probenart	Boden
Probenahme	24.06.2024
Zeit	00:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	T.Haupt
Probengefäß	PE-Beutel
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	27.06.2024
Untersuchungsbeginn	28.06.2024
Untersuchungsende	09.07.2024

**Probenvorbereitung gem. DIN 4030-2**

	24-081798-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Lufttrocknung (40°C)	02.07.2024			DIN 19747 (2009-07)	AL
Mahlen < 90 µm	02.07.2024			DIN 19747 (2009-07)	AL
Salzsäureheißextrakt	04.07.2024			DIN 4030-2 (2008-06)	AL
25:1 Eluat	04.07.2024			DIN 4030-2 (2008-06)	AL

**Probenvorbereitung gem. DIN 50929-3**

	24-081798-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Fraktion > 5mm	<1	g	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
4:1 Eluat	03.07.2024			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 3	AL
Salzsäureauszug	02.07.2024			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 4	AL

**Messparameter gem. DIN 4030-2**

**Im salzsauren Heißextrakt**

	24-081798-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, heiß HCl-hösllich	16.500	µg/l	SalzHE xtr	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

**Im 25:1 Eluat**

	24-081798-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Chlorid (Cl)	4,7	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  
 Thomas Symura  
 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**

	24-081798-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert vor Titration	7,74		EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	0,96	mmol/l	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Titrationstemperatur (Säure 4,3)	21,4	°C	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Chlorid (Cl)	2,5	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	<1	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

**Im salzsauren Auszug**

	24-081798-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, HCl-löslich	22.000	µg/l	SalzAuszug	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

**Kriterien gem. DIN 4030-2**

	24-081798-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Säuregrad nach Baumann-Gully	161	ml/kg	L-TS <2	DIN 4030-2 (2008-06)	AL
Sulfat, heiß HCl-löslich	1.700	mg/kg	L-TS	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Chlorid (Cl)	110	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**

	24-081798-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfid (S)	3,2	mg/kg	L-TS	DIN 4030-2 mod. (2008-06)	AL

**Kriterien gem. DIN 50929-3**

	24-081798-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Abschlämmbare Bestandteile	88	Gew%	TS <5	DIN 50929-3 (2018-03)	*
Wassergehalt (105°C)	34,7	Gew%	OS <5	DIN EN 15934 (2012-11) A	AL
pH-Wert (50 %-ige Aufschlämmung)	7,7		OS <5	DIN EN 15933 mod. (2012-11)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	5,9	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	9,12	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Neutralsalze (Cl + 2*SO <sub>4</sub> ), gelöst incl. ½BG	0,5	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus Messung gem. DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

24-081798-01

Kommentare der Ergebnisse:

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

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](http://www.wessling.de)

**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**

<b>aS</b>	ausführender Standort	<b>OS</b>	Originalsubstanz	<b>SalzHEx</b>	Salzsaurer Heißeextrakt
<b>EL 25:1</b>	Eluat mit Wasser-Feststoff-Verhältnis 25:1	<b>EL 4:1</b>	Eluat mit Wasser-Feststoff-Verhältnis 4:1	<b>tr</b>	
<b>L-TS &lt;2</b>	Lufttrockensubstanz der <2mm Fraktion	<b>L-TS</b>	Lufttrockensubstanz	<b>SalzsAu</b>	Salzsaurer Auszug
<b>OS &lt;5</b>	OS <5	<b>AL</b>	Altenberge	<b>sz</b>	
<b>n. n.</b>	nicht nachgewiesen (chemisch), nicht nachweisbar (mikrobiologisch)	<b>n. b.</b>	nicht bestimmbar	<b>TS &lt;5</b>	Trockensubstanz der <5mm Fraktion
				<b>*</b>	Kooperationspartner
				<b>n. a.</b>	nicht analysiert (chemisch), nicht auswertbar (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

W3 Co:



Quality of Life

WESSLING GmbH  
Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82 · 81739  
München  
[www.wessling.de](http://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: L. Schinhärl  
Durchwahl: +49 89 82998931  
E-Mail: [Lena.Schinhaerl@wessling.de](mailto:Lena.Schinhaerl@wessling.de)

## Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CMU24-004839-1

Datum: 09.07.2024

Auftrag Nr.: CMU-01675-24

**Auftrag:** Varista Weilheim (Az 24282-6)

*Schinhärl*

Lena Schinhärl  
Sachverständige Wasser  
M. Sc. Verhaltens-, Neuro- und Kognitionsbiologie

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

Prüfbericht **CMU24-004839-1**

Seite 1 von 4



Quality of Life

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

**Probeninformation**

Probe Nr.	24-081798-02
Bezeichnung	W3 Co
Probenart	Boden
Probenahme	24.06.2024
Zeit	00:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	T.Haupt
Probengefäß	PE-Beutel
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	27.06.2024
Untersuchungsbeginn	28.06.2024
Untersuchungsende	09.07.2024

**Probenvorbereitung gem. DIN 4030-2**

	24-081798-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Lufttrocknung (40°C)	02.07.2024			DIN 19747 (2009-07)	AL
Mahlen < 90 µm	02.07.2024			DIN 19747 (2009-07)	AL
Salzsäureheißextrakt	04.07.2024			DIN 4030-2 (2008-06)	AL
25:1 Eluat	04.07.2024			DIN 4030-2 (2008-06)	AL

**Probenvorbereitung gem. DIN 50929-3**

	24-081798-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Fraktion > 5mm	<1	g	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
4:1 Eluat	03.07.2024			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 3	AL
Salzsäureauszug	02.07.2024			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 4	AL

**Messparameter gem. DIN 4030-2**

**Im salzsauren Heißextrakt**

	24-081798-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, heiß HCl-hösllich	16.300	µg/l	SalzHE xtr	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

**Im 25:1 Eluat**

	24-081798-02	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 Potenz  
 Thomas Symura  
 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**

	24-081798-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert vor Titration	7,91		EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	1,16	mmol/l	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Titrationstemperatur (Säure 4,3)	21,61	°C	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Chlorid (Cl)	1,8	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	1,4	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

**Im salzsauren Auszug**

	24-081798-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, HCl-löslich	12,200	µg/l	Salzsausz	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

**Kriterien gem. DIN 4030-2**

	24-081798-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Säuregrad nach Baumann-Gully	104	ml/kg	L-TS <2	DIN 4030-2 (2008-06)	AL
Sulfat, heiß HCl-löslich	1.600	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**

	24-081798-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfid (S)	4,4	mg/kg	L-TS	DIN 4030-2 mod. (2008-06)	AL

**Kriterien gem. DIN 50929-3**

	24-081798-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Abschlämmbare Bestandteile	89	Gew%	TS <5	DIN 50929-3 (2018-03)	*
Wassergehalt (105°C)	36,1	Gew%	OS <5	DIN EN 15934 (2012-11) A	AL
pH-Wert (50 %-ige Aufschlämmung)	7,7		OS <5	DIN EN 15933 mod. (2012-11)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	7,3	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	5,21	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Neutralsalze (Cl + 2*SO <sub>4</sub> ), gelöst incl. ½BG	0,5	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus Messung gem. DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

24-081798-02

Kommentare der Ergebnisse:

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

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

Geschäftsführer:  
 Anna Wessling  
 Sven Potenz  
 Thomas Symura  
 HRB 1953 AG Steinfurt



Quality of Life

WESSLING GmbH  
 Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82 · 81739  
 München  
[www.wessling.de](http://www.wessling.de)

**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**

<b>aS</b>	ausführender Standort	<b>OS</b>	Originalsubstanz	<b>SalzHEx</b>	Salzsaurer Heißextrakt
<b>EL 25:1</b>	Eluat mit Wasser-Feststoff-Verhältnis 25:1	<b>EL 4:1</b>	Eluat mit Wasser-Feststoff-Verhältnis 4:1	<b>tr</b>	
<b>L-TS &lt;2</b>	Lufttrockensubstanz der <2mm Fraktion	<b>L-TS</b>	Lufttrockensubstanz	<b>SalzAu</b>	Salzsaurer Auszug
<b>OS &lt;5</b>	OS <5	<b>AL</b>	Altenberge	<b>sz</b>	
<b>n. n.</b>	nicht nachgewiesen (chemisch), nicht nachweisbar (mikrobiologisch)	<b>n. b.</b>	nicht bestimmbar	<b>TS &lt;5</b>	Trockensubstanz der <5mm Fraktion
				<b>*</b>	Kooperationspartner
				<b>n. a.</b>	nicht analysiert (chemisch), nicht auswertbar (mikrobiologisch)

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

Geschäftsführer:  
 Anna Weßling  
 Sven Potenz  
 Thomas Symura  
 HRB 1953 AG Steinfurt

**Anlage 4.2 Analyse hinsichtlich Stahlaggressivität nach DIN 50929**

W1 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:**

24-081798-01

W1 Co

Merkmal und Messgröße	Einheit	Analyse	Bewertungszahl
<b>(1) Abschlammbare Bestandteile (a)</b> Verunreinigungen (Torf, Moor, Schlacken, Dünger, etc.)?	Ma%	<b>88,0</b>	Z <sub>1</sub> = <b>-4</b>
		nein	
<b>(3) Wassergehalt</b>	Ma%	<b>34,7</b>	Z <sub>3</sub> = <b>-1</b>
<b>(4) pH-Wert</b>		<b>7,7</b>	Z <sub>4</sub> = <b>0</b>
<b>(5+6) Pufferkapazität (berechnet)</b>	mmol/kg		
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/kg	<b>5,9</b>	Z <sub>5</sub> = <b>0</b>
Basekapazität bis pH 7,0	mmol/kg	<b>n.a.</b>	Z <sub>6</sub> = <b>0</b>
<b>(7) Sulfid (S<sup>2-</sup>)</b>	mg/kg	<b>3,2</b>	Z <sub>7</sub> = <b>0</b>
<b>(9) Neutralsalze (wässriger Auszug)</b> c(Cl <sup>-</sup> ) + 2c(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mmol/kg	<b>0,5</b>	Z <sub>9</sub> = <b>0</b>
<b>(8) Sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> im salzsauren Auszug)</b>	mmol/kg	<b>9,1</b>	Z <sub>8</sub> = <b>-2</b>

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

Bewertungszahlsumme B<sub>0</sub>=

<b>-7</b>
<b>-7</b>

Bewertungszahlsumme B<sub>1</sub>=

**Einschätzung/Beurteilung:**

Der Boden ist in die Bodenklasse **II** einzuordnen, die Korrosionsbelastung ist **mittel** (B<sub>0</sub>= **-7** )

Die Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen ist **mittel** bezüglich der Mulden- und Lochkorrosion und **gering** bezüglich der Flächenkorrosion. (B<sub>1</sub>= **-7** )

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

Aichach  
Ort

09.07.2024  
Datum

T.Haupt  
Sachbearbeiter

**ConSoGeol**  
GmbH & Co. KG

W3 Co:

**Anlage: Bewertung der Stahlggressivität von Boden**

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

Auswertung für Probennummer:

24-081798-02

W1 Co

Merkmal und Messgröße	Einheit	Analyse	Bewertungszahl
<b>(1) Abschlämbbare Bestandteile (a)</b> Verunreinigungen (Torf, Moor, Schlacken, Dünger, etc.)?	Ma%	<b>89,0</b>	Z <sub>1</sub> = <b>-4</b>
		nein	
<b>(3) Wassergehalt</b>	Ma%	<b>36,1</b>	Z <sub>3</sub> = <b>-1</b>
<b>(4) pH-Wert</b>		<b>7,7</b>	Z <sub>4</sub> = <b>0</b>
<b>(5+6) Pufferkapazität (berechnet)</b>	mmol/kg		
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/kg	<b>7,3</b>	Z <sub>5</sub> = <b>0</b>
Basekapazität bis pH 7,0	mmol/kg	<b>n.a.</b>	Z <sub>6</sub> = <b>0</b>
<b>(7) Sulfid (S<sup>2-</sup>)</b>	mg/kg	<b>4,4</b>	Z <sub>7</sub> = <b>0</b>
<b>(9) Neutralsalze (wässriger Auszug)</b> c(Cl <sup>-</sup> ) + 2c(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mmol/kg	<b>0,5</b>	Z <sub>9</sub> = <b>0</b>
<b>(8) Sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> im salzsauren Auszug)</b>	mmol/kg	<b>5,2</b>	Z <sub>8</sub> = <b>-2</b>

Örtliche Gegebenheiten:	Bewertungszahl
<b>(2) spezifischer elektrischer Bodenwiderstand</b> 17 Ω*m	Z <sub>2</sub> = <b>-4</b>
<b>(10) Lage des Objektes zum Grundwasser</b>	Z <sub>10</sub> = <b>-2</b>
<b>(12) Bodenhomogenität vertikal (Bodenwiderstand)</b>	Z <sub>12</sub> =
<b>(13) Bodenhomogenität - Bettung</b> homogen (artgleicher Boden), dann Z <sub>13</sub> = 0 inhomogen (bodenfremde Bestandteile, z.B. Holz, Wurzeln, Verunreinigungen), dann Z <sub>13</sub> = -6	Z <sub>13</sub> = <b>0</b>
<b>(14) Bodenhomogenität - unterschiedliche pH-Werte</b>	Z <sub>14</sub> = <b>0</b>

Bewertungszahlsumme B<sub>0</sub>=

<b>-13</b>
<b>-13</b>

Bewertungszahlsumme B<sub>1</sub>=

**Einschätzung/Beurteilung:**

Der Boden ist in die Bodenklasse **III** einzuordnen, die Korrosionsbelastung ist **hoch** (B<sub>0</sub>= **-13** )

Die Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen ist **hoch** bezüglich der Mulden- und Lochkorrosion und **mittel** bezüglich der Flächenkorrosion. (B<sub>1</sub>= **-13** )

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

Aichach  
Ort

09.07.2024  
Datum

T.Haupt  
Sachbearbeiter

**ConSoGeol**  
GmbH & Co. KG

### **Bewertung stahlkorrosiver Eigenschaften gemäß DIN 50929**

Für die Bodenproben W1 Co (Standort W1, Labornummer 24-081798-01) und W2 Co (Standort W2, Labornummer 24-081798-02) wird die Korrosionsbelastung als **mittel** und **hoch** eingestuft (Bodenklasse II und III,  $B_0 = -7$  und  $B_0 = -13$ ).

Aufgrund des relativ wassergesättigten Bodens war eine Widerstandsmessung an Standort W1 nicht möglich und die Auswertung dieses Standortes nicht vollständig. Die Einschätzung und Beurteilung wurde ohne diesen Wert durchgeführt. Die Ergebnisse des Standortes W3 lassen aber darauf schließen, dass ähnliche Verhältnisse herrschen.

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

Für die Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit von verzinkten Stahlprofilen ist nur die Oberflächenkorrosion relevant, die bei einer Proben im mittleren Bereich liegt. Daher ist es sinnvoll, eine zusätzliche Oberflächenbeschichtung in Betracht zu ziehen, um eine Beschädigung der Stahlprofile zu verhindern. Die genauen Maße der Oberflächenbeschichtung sind mit dem Gerüsthersteller 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 4.3 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen hinsichtlich Zink und pH-Werten



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 Theresia Sulzer  
St.-Martin-Straße 11  
86551 Aichach OT Untermauerbach

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

### Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CMU24-004740-1

Datum: 05.07.2024

Auftrag Nr.: CMU-01676-24

Auftrag: Varista Weilheim (Az 24282-6)

*Schinhärl*

Lena Schinhärl  
Sachverständige Wasser  
M. Sc. Verhaltens-, Neuro- und Kognitionsbiologie



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 <sup>®</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

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

W1 (0,2 – 0,45):



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

**Probeninformation**

Probe Nr.	24-081824-01
Bezeichnung	W1 (0,2 - 0,45m)
Probenart	Boden (Lehm/Schluff)
Probenahme	24.06.2024
Zeit	00:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	T.Haupt
Probengefäß	Beutel
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	27.06.2024
Untersuchungsbeginn	27.06.2024
Untersuchungsende	05.07.2024

**Physikalische Untersuchung**

	24-081824-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Trockensubstanz	70,0	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	A MU

**Extraktions- und Reinigungsverfahren**

	24-081824-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Königswasser-Extrakt	01.07.2024		L-TS	DIN EN 13657 Verf. 3 (2003-01) mod.	A MU

**Im Königswasser-Extrakt**

**Elemente**

	24-081824-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Zink (Zn)	100	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	A MU

**Eluaterstellung**

	24-081824-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Volumen des Auslaugungsmittel	900,0	ml	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	A MU
Frischmasse der Messprobe	134,3	g	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	A MU
Erstellung eines Eluats	28.06.2024		OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	A MU

**Im Eluat**



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 veröffentlicht werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

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



Quality of Life

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

**Physikalische Untersuchung**

	24-081824-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert	6,9		EL 10:1	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	A MU
Messtemperatur pH-Wert	24,9	°C	EL 10:1	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	A MU



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,  
 Thomas Symura  
 HRB 1853 AG Steinfurt

W1 (0,45 – 0,65):



Quality of Life

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

**Probeninformation**

Probe Nr.	24-081824-02
Bezeichnung	W1 (0,45 - 0,65m)
Probenart	Boden (Lehm/Schluff)
Probenahme	24.06.2024
Zeit	00:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	T.Haupt
Probengefäß	Beutel
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	27.06.2024
Untersuchungsbeginn	27.06.2024
Untersuchungsende	05.07.2024

**Physikalische Untersuchung**

	24-081824-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Trockensubstanz	76,3	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	A MU

**Extraktions- und Reinigungsverfahren**

	24-081824-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Königswasser-Extrakt	01.07.2024		L-TS	DIN EN 13657 Verf. 3 (2003-01) mod.	A MU

**Im Königswasser-Extrakt**

**Elemente**

	24-081824-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Zink (Zn)	91	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	A MU

**Eluaterstellung**

	24-081824-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Volumen des Auslaugungsmittel	900,0	ml	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	A MU
Frischmasse der Messprobe	121,8	g	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	A MU
Erstellung eines Eluats	28.06.2024		OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	A MU

**Im Eluat**



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 veröffentlicht werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

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



Quality of Life

WESSLING GmbH  
 Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82 · 81739  
 München  
[www.wessling.de](http://www.wessling.de)

**Physikalische Untersuchung**

	24-081824-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert	7,8		EL 10:1	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	A MU
Messtemperatur pH-Wert	25,6	°C	EL 10:1	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	A MU



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,  
 Thomas Symura  
 HRB 1853 AG Steinfurt

W3 (0,2 – 0,4):



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

**Probeninformation**

Probe Nr.	24-081824-03
Bezeichnung	W3 (0,2 - 0,4m)
Probenart	Boden (Lehm/Schluff)
Probenahme	24.06.2024
Zeit	00:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	T.Haupt
Probengefäß	Beutel
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	27.06.2024
Untersuchungsbeginn	27.06.2024
Untersuchungsende	05.07.2024

**Physikalische Untersuchung**

	24-081824-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Trockensubstanz	75,9	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	A MU

**Extraktions- und Reinigungsverfahren**

	24-081824-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Königswasser-Extrakt	01.07.2024		L-TS	DIN EN 13657 Verf. 3 (2003-01) mod.	A MU

**Im Königswasser-Extrakt**

**Elemente**

	24-081824-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Zink (Zn)	87	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	A MU

**Eluaterstellung**

	24-081824-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Volumen des Auslaugungsmittel	900,0	ml	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	A MU
Frischmasse der Messprobe	122,5	g	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	A MU
Erstellung eines Eluats	28.06.2024		OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	A MU

**Im Eluat**



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 veröffentlicht werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

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



Quality of Life

WESSLING GmbH  
 Otto-Hahn-Ring 6 Gebäude 82 · 81739  
 München  
[www.wessling.de](http://www.wessling.de)

**Physikalische Untersuchung**

	24-081824-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert	7,8		EL 10:1	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	A MU
Messtemperatur pH-Wert	25,0	°C	EL 10:1	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	A MU



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,  
 Thomas Symura  
 HRB 1853 AG Steinfurt

W3 (0,4 – 0,7):



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

**Probeninformation**

Probe Nr.	24-081824-04
Bezeichnung	W3 (0,4 - 0,7m)
Probenart	Boden (Lehm/Schluff)
Probenahme	24.06.2024
Zeit	00:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	T.Haupt
Probengefäß	Beutel
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	27.06.2024
Untersuchungsbeginn	27.06.2024
Untersuchungsende	05.07.2024

**Physikalische Untersuchung**

	24-081824-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
Trockensubstanz	78,5	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	A MU

**Extraktions- und Reinigungsverfahren**

	24-081824-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
Königswasser-Extrakt	01.07.2024		L-TS	DIN EN 13657 Verf. 3 (2003-01) mod.	A MU

**Im Königswasser-Extrakt**

**Elemente**

	24-081824-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
Zink (Zn)	72	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	A MU

**Eluaterstellung**

	24-081824-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
Volumen des Auslaugungsmittel	900,0	ml	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	A MU
Frischmasse der Messprobe	117,9	g	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	A MU
Erstellung eines Eluats	28.06.2024		OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	A MU

**Im Eluat**



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 veröffentlicht werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

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



Quality of Life

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

**Physikalische Untersuchung**

	24-081824-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert	8,0		EL 10:1	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	A MU
Messtemperatur pH-Wert	25,1	°C	EL 10:1	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	A MU

**Norm**  
 DIN EN 13657 Verf. 3 (2003-01) mod.

**Modifikation**  
 Aufschluss mit DigiPrep

**Legende**

- |              |  |                |  |              |   |
|--------------|--|----------------|--|--------------|---|
| <b>aS</b>    | ausführender Standort  | <b>OS</b>      | Originalsubstanz                           | <b>L-TS</b>  | Luftrockensubstanz  |
| <b>TS</b>    | Trockensubstanz  | <b>EL 10:1</b> | Eluat mit Wasser-Feststoff-Verhältnis 10:1 | <b>MÜ</b>    | München   |
| <b>n. n.</b> | nicht nachgewiesen (chemisch), nicht nachweisbar (mikrobiologisch) | <b>n. b.</b>   | nicht bestimmbar                           | <b>n. a.</b> | nicht analysiert (chemisch), nicht auswertbar (mikrobiologisch) |



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,  
 Thomas Symura  
 HRB 1853 AG Steinfurt

**Anlage 4.4    Analyse hinsichtlich Zink und pH-Werten**

Zusammenstellung und Kurzbewertung der Untersuchungen auf Zinkgehalt des Bodens vor Baubeginn sowie Zusammenstellung der pH Werte an denselben Stellen.

Probenna me	Obere Bodenschicht				Untere Bodenschicht			
	Labor- nummer	Entnah- me-tiefe [m]	pH- Wert	Zinkgeh alt [mg/kg]	Labor- nummer	Entnah- me-tiefe [m]	pH- Wert	Zinkgeh alt [mg/kg]
<b>W1</b>	24-081824- 01	0,2 - 0,45	6,9	100	24-081824- 02	0,45 - 0,65	7,8	91
<b>W3</b>	24-081824- 03	0,2 - 0,4	7,8	87	24-081824- 04	0,4 - 0,7	8,0	72

Bodenart	BBodSchV Vorsorgewert Zn [mg/kg]
Sand	60
Lehm/Schluff	150
Ton	200

Die auf Zinkgehalt untersuchten Proben erreichen derzeit den Vorsorgewert gem. BBSchV nicht.

## **Anlage 5      Ermittlung der erforderlichen Rammtiefen**

Kann durchgeführt werden sobald die Auflagerlasten des Gestellbauers vorliegen.

Für die Berechnung der Rammtiefe ist es erforderlich, nicht nur die Bodenkennwerte und Bodenverhältnisse zu kennen. Zusätzlich ist es notwendig, die Form und Größe des gewählten Rammpfostens und die Kräfte zu kennen, die auf diesen Pfosten einwirken. Die Ermittlung dieser Kräfte erfolgt durch den Statiker des Gestellherstellers.

**Erst wenn** die Werte:

- Maximal zu erwartende Druckkraft
- Maximal zu erwartende Zugkraft
- Maximal zu erwartende Horizontalkraft
- Maximal zu erwartendes Kippmoment

für jeden Pfosten bzw. Pfostentyp der geplanten PV-Anlage vorgelegt werden, kann die für diese Pfosten notwendige Rammtiefe von uns berechnet werden.

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

### **Haftungsausschluss!**

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