

Solarpark

Höheinöd

Landkreis Südwestpfalz, Rheinland-Pfalz

Deutschland

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

Auftraggeber

Pfalzwerke Aktiengesellschaft

Wredestraße 35

D-67059 Ludwigshafen

ConSoGeol GmbH & Co. KG

Hydrogeologie angewandte Geologie Wasserwirtschaft

St.-Martin-Straße 11

D-86551 Aichach

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

Fax +49 (0)8251 / 51104

e-mail: info@consogeol.com

Bearbeiter

Robert Hurler, Ralf Flötzer

Inhalt

- 1 Lage und Vorgang, geologische Situation
- 2 Methodik, Aufschlüsse, Untersuchungen vor Ort
- 3 Bewertung der angetroffenen Böden
- 4 Ausgangswerte für die Berechnungen
- 5 Hinweise
- 5.1 Hinweis zur Einschätzung der ermittelten Werte
- 5.2 Hinweis zu den chemischen Bodenverhältnissen
- 5.3 Hinweis zum Rammvorgang der Stahlprofile
- 5.4 Hinweis zur Vorgehensweise beim Antreffen von undurchdringbaren Rammhindernissen
- 5.5 Hinweis zur Aufstellung von Trafo- oder Wechselrichterstationen
- 5.6 Hinweis zur Herstellung von Baustraßen
- 5.7 Hinweise zu möglicher Bodenerosion
- 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 : 6.200
- 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 HEA Co, HEB Co und HEC Co
- Anlage 4.2 Analyse hinsichtlich Stahlaggressivität nach DIN 50929
- Anlage 4.3 Analyse hinsichtlich Betonaggressivität nach DIN 4030
- Anlage 5 Ermittlung der erforderlichen Rammtiefen

1 Lage und Vorgang, geologische Situation

Die ConSoGeol GmbH & Co. KG wurde am 20.11.2024 beauftragt, die Untersuchungen zur Ermittlung der Rammtiefe für die Gründung von Photovoltaik-Tischen gemäß Angebot vom 14.11.2024 durchzuführen.

Die Arbeiten erfolgten vor Ort in KW 48/2024 (Entnahme von Bodenproben und geologische Feldaufnahme) und KW 06/2025 (Rammsondierungen und Kleinrammbohrungen).

Es wurden nach geologischer Aufnahme des Untersuchungsgebietes insgesamt 20 Rammsondierungen mit der leichten Rammsonde (Ergebnisse im Detail siehe Anlage 2), 3 Sondierungen mit der Kleinrammbohrungen und 3 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. 1,7 km westlich der Ortsmitte von Höheinöd am Horschelkopf. Das Projekt besteht aus 2 Teilflächen, welche in einer Entfernung von 100 bis 300 Meter zueinander liegen. Unmittelbar südlich der nördlichen Teilfläche befindet sich ein bereits bestehender Solarpark. Zur Zeit der Feldarbeiten wurde das Gelände landwirtschaftlich genutzt. Anhand der Geländeneigung lässt sich das Gebiet in 3 Zonen einteilen. Die Zone 1 bildet den Zentralteil des Nordfeldes und den Nordteil des Südfeldes und weist Neigungen von 0 bis 5 Grad auf. Der äußerste Westen des Projektes hat eine Neigung von 10 bis 15° nach Westen und bildet die Zone 3. Die übrigen Bereiche (Zone 2) haben eine Neigung von 5 bis 10°.

Geologisch gesehen liegt das Untersuchungsgebiet im Pfälzer Wald, welcher vor allem von den Gesteinen des Buntsandstein dominiert, untergeordnet treten Gesteine des Muschelkalk und des Perm auf. Laut geologischer Karte (Anlage 1.3) sind im Untersuchungsgebiet die Schichten des Oberen Buntsandstein in Form des Voltziensandsteins (im oberen Feldbereich) zu erwarten sowie dessen Zwischenschichten mit Dolomitbänken (im unteren Feldbereich)

Im Rahmen der Feldarbeiten wurde als oberste Schicht **S1** ein sandiger Lehm angetroffen. Dieser besteht aus schwach sandigem Schluff bis stark schluffigem Sand und ist meist schwach tonig bis teilweise stark tonig sowie schwach kiesig bis kiesig. Darunter folgt der Verwitterungshorizont (= Schicht **S2**) des Buntsandsteins. Dieser besteht aus einem schwach schluffigen bis schluffigen, kiesigen Sand, welcher auch größere Steine enthalten kann. Unter dem Verwitterungshorizont folgt der unverwitterte Buntsandstein (= Schicht **S3**) aus Sandstein und eventuell teilweise Dolomit.

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

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

2 Methodik, Aufschlüsse, Untersuchungen vor Ort

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

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

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

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

Das Untersuchungsgebiet wurde in seiner Gesamtausdehnung begangen und geologisch aufgenommen. An 20 Stellen (Bezeichnungen der Aufschlussstellen mit H01 – H20) wurde mittels der leichten Rammsonde die Lagerungsdichte bzw. die Konsistenz des Bodens in Abhängigkeit von der Tiefe geprüft. An 3 Stellen (H07, H14 und H18) wurden Bodenproben mittels Kleinrammbohrungen entnommen. An den Stellen HEA, HEB und HEC wurden zudem Handschürfe angelegt, aus denen weitere Bodenproben aus ca. 0,3 m Tiefe entnommen wurden, die hinsichtlich der Stahl- und Betonaggressivität chemisch analysiert wurden (vergleiche Kapitel 5.2 und Anlage 4).

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

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

Der Bodenaufbau wurde bei der ingenieurgeologischen Aufnahme des Gebietes festgestellt.

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

Die Sondieraufschlüsse wurden bis in eine Tiefe zwischen 0,7 und 2,4 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 eine Kleinrammbohrung abgeteuft. Damit lassen sich die mit den begleitenden Rammsondierungen erkundeten Böden auch geologisch zuordnen. Mit diesen Tests sowie den Informationen aus der geologischen Feldbegehung liegen ausreichend Daten für eine Baugrundbeurteilung vor.

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

Die oberste Schicht **S1** ist ein sandiger Lehm. Hierbei handelt es sich um schwach sandigen Schluff bis stark schluffigen Sand, welcher meist schwach kiesig bis kiesig sowie schwach tonig bis stark tonig ist. In den obersten 0,3 m ist das Material teilweise schwach humos. Der sandige Lehm ist rotbraun, teilweise braun. Der obere Bereich des Lehms (= Schicht **S1-A**) ist sehr locker gelagert und je nach Witterung weich bis halbfest. Die Schicht **S1-A** reicht in eine Tiefe von 0,4 bis 0,8 m, stellenweise auch deutlich tiefer. Darunter folgt die Teilschicht **S1-B**. Hier ist das Material mitteldicht gelagert und steif bis halbfest. Ab einer Tiefe von meist 0,6 bis 1,3 m folgt dann die Schicht **S2**. Hierbei handelt es sich um einen Verwitterungshorizont, welcher aus schwach schluffigem bis schluffigem, kiesigem Sand besteht. Die Schicht **S2** kann auch größere Steine oder sogar Blöcke enthalten, welche als Rammhindernis fungieren können. Der Verwitterungshorizont ist rotbraun, teilweise grau und ist mitteldicht gelagert. Die maximal sondierte Mächtigkeit des Verwitterungshorizonts beträgt 0,5 m.

Unter der Schicht **S2** folgt der unverwitterte oder leicht verwitterte Buntsandstein (= Schicht **S3**). Hierbei handelt es sich um Sandstein, teilweise ist auch Dolomit nicht ausgeschlossen. Die Schicht **S3** kann nicht ohne Vorarbeiten durchrammt werden. Für weitere Informationen zum Vorgehen beim Antreffen von Rammhindernissen, siehe Kapitel 5.4.

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

Die Grundwasseroberfläche wurde im Verlauf der Felduntersuchungen nicht erreicht.

3 Bewertung der angetroffenen Böden

Die angetroffenen Böden eignen sich prinzipiell für die Gründung von Solaranlagen auf Rammpfosten, jedoch können Vorbohrungen nicht ausgeschlossen werden.

Die Gründung erfolgt im gesamten Untersuchungsgebiet innerhalb der Schichten **S1** (sandiger Lehm) sowie **S2** (Verwitterungshorizont). An manchen Stellen wird zudem Schicht **S3** (Buntsandstein) angetroffen.

Die Schicht **S1** lässt sich meist mit relativ geringer Rammenergie durchhörtern. Die oberen Bereiche besitzt dabei jedoch nur geringe Haltekräfte gegenüber vertikalen Kräften.

Die Schicht **S2** erfordert auf Grund der höheren Lagerungsdichte höhere Rammenergie. Des Weiteren besteht die Möglichkeit des Antreffens größerer Steine oder Blöcke, die Rammhindernisse darstellen können. Diese Schicht lässt eine genügend hohe Konsistenz für die Einleitung der Kräfte aus den Rammpfosten der Solartische erkennen.

In manchen Fällen wird wahrscheinlich die Schicht **S3** angetroffen, welche ein Rammhindernis darstellt. Zur Vorgehensweise beim Antreffen von undurchdringbaren Rammhindernissen und zur Durchführung von Vorbohrungen siehe Hinweis in Kap. 5.4.

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

Die notwendigen Rammtiefen können der Tabelle in Anlage 5 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 5 zu entnehmen.

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

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

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

5 Hinweise

5.1 Hinweis zur Einschätzung der ermittelten Werte

Grundlage für die Berechnung ist ein neuwertiges korrosionsgeschütztes Stahlprofil mit glatter Oberfläche. Im Laufe weniger Monate wird sich dieses Profil aufgrund unvermeidlicher Oxidation der Korrosionsschutzschicht 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 Kraftereinleitung 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 HEA, HEB und HEC (zur Lage siehe Anlage 1.4) wurden aus Handschürfen die Bodenproben HEA Co, HEB Co und HEC Co entnommen, die hinsichtlich der Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung nach DIN 50929 Teil 3 (Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern) und der Betonaggressivität nach DIN 4030 chemisch analysiert wurden.

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

Wichtiger Hinweis: Verwenden Sie prinzipiell keine Kupferdrähte oder -seile zur Erdung oder Gründung. Kupfer in Verbindung mit der Korrosionsschutzschicht der Stahlpfähle bildet ein elektro-galvanisches Element (Batterie), in dem sich das weniger edle Material (galvanisierter 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 (galvanisierter Stahl) möglich.

5.3 Hinweis zum Rammvorgang der Stahlprofile

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

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

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

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

Innerhalb der Schicht S1 ist mit 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 Schicht **S1** mit dem Antreffen von Rammhindernissen in Form von größeren Steinen sowie dem Antreffen der Felsoberkante zu rechnen.

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 Rammpfosten.

M1.3 Füllen der Bohrlöcher

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

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

Das Bohrloch auf der gesamten Länge füllen.

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

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

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

Verdichten Sie das Füllmaterial nicht.

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

M1.4 **Rammen der Pfosten**

- M1.4.1 Rammen Sie den Pfosten nach dem Bohrvorgang so schnell wie möglich in die verfüllten Bohrlöcher.
- M1.4.2 Rammen Sie die Pfosten so schnell wie möglich auf die Endtiefe.
- M1.4.3 Achten Sie darauf, dass das Bohrloch während des gesamten Rammvorgangs gefüllt ist. Falls nötig, füllen Sie Materialdefizite mit dem Material auf, das Sie wie oben beschrieben, nahe des Bohrlochs als Reserve aufbewahrt haben. Füllen Sie dieses Material während des Rammvorgangs nach.

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

5.5 Hinweis zur Aufstellung von Trafo- oder Wechselrichterstationen

Für die Aufstellung von **Trafo- oder Wechselrichterstationen** auf Bodenplatten wird empfohlen, im Bereich der geplanten Aufstellflächen ca. 0,3 m des Oberbodens abzuschleifen und nach Zwischenlage eines einfachen Geotextils durch eine Schicht aus verdichtungsfähigem Mineral-
korngemisch oder Recyclat 0/16 oder 0/32 (Aufbringung mehrlagig, in ca. 0,2 m starken Lagen) auszutauschen. Die Oberkante des Austauschkörpers sollte ca. 0,2 m über der ursprünglichen GOK liegen. Der Verdichtungsgrad der Überschüttung sollte 98 % der Proctordichte betragen. Das Planum ist vor der Aufstellung der Trafo- oder Wechselrichterstationen planeben abzuziehen. Falls erwünscht, kann auf diesem Planum ein waagrecht abgezogenes Sandbett oder eine waagrechte Magerbetonplatte aufgebracht werden.

Dieser Unterbau muss mit einer Drainage versehen werden, über die eine Entwässerung versickernden Niederschlagswassers in Richtung des natürlichen 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 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) und in Bereichen mit höherer Neigung 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 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 Hinweise zu möglicher Bodenerosion

Im Bereich der Hangneigungszone 2 im nördlichen Teilfeld wurden Erosionserscheinungen in Bereichen beobachtet, die kaum Bewuchs aufwiesen. Diese Erosionsrinnen können sich vergrößern und so die Standsicherheit von Pfosten verringern. Daher wird geraten, nach Fertigstellung der Anlage dafür zu sorgen, 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. Vor allem aber stellt eine solche Vegetation einen guten Schutz des Bodens gegen Erosion durch abfließendes Niederschlagswasser dar.

5.8 Sonstige Hinweise

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 bis 3 m² Fläche besitzen, zu Boden und kann dort genau wie bisher versickern

oder abfließen. Auch ändert sich durch den Bau der Solaranlage die Wasserdurchlässigkeit des Bodens in keiner Weise. Aus fachlicher Sicht sind daher Konzepte zur Niederschlagswasserableitung oder -behandlung nicht erforderlich, sofern in den vergangenen Zeiten der Niederschlag auf dem Baugrundstück versickert oder abgeflossen ist.

Der Boden in der PV-Anlage besteht aus sandhaltigem Lehm in lockerer Lagerung, darunter folgt der Verwitterungshorizont mit eher geringen Anteilen an bindigem Material. Beide Bodenarten sind gut wasserdurchlässig. Es besteht keinerlei Grund zu der Annahme, dass sich durch den Bau der Solaranlage die vorhandenen Bedingungen für die Versickerung von Regenwasser irgendwie ändern könnten. Weitergehende Konzepte oder gar Anlagen zur Ableitung und Versickerung von Niederschlagswasser sind somit überflüssig.

Aichach, den 14.02.2025

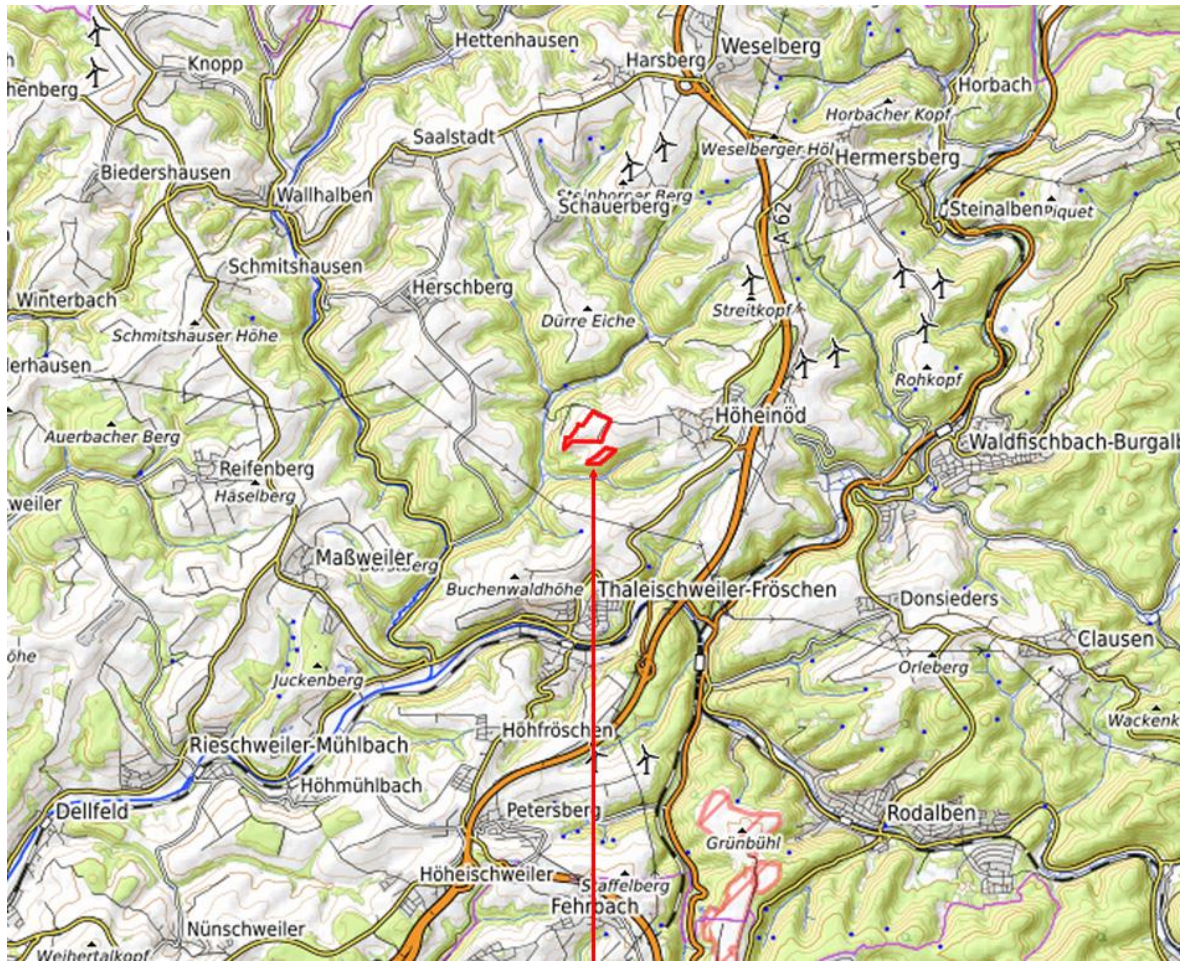


R. Hurler, Dipl.-Geol.

Anlagen

Anlage 1 Lagepläne

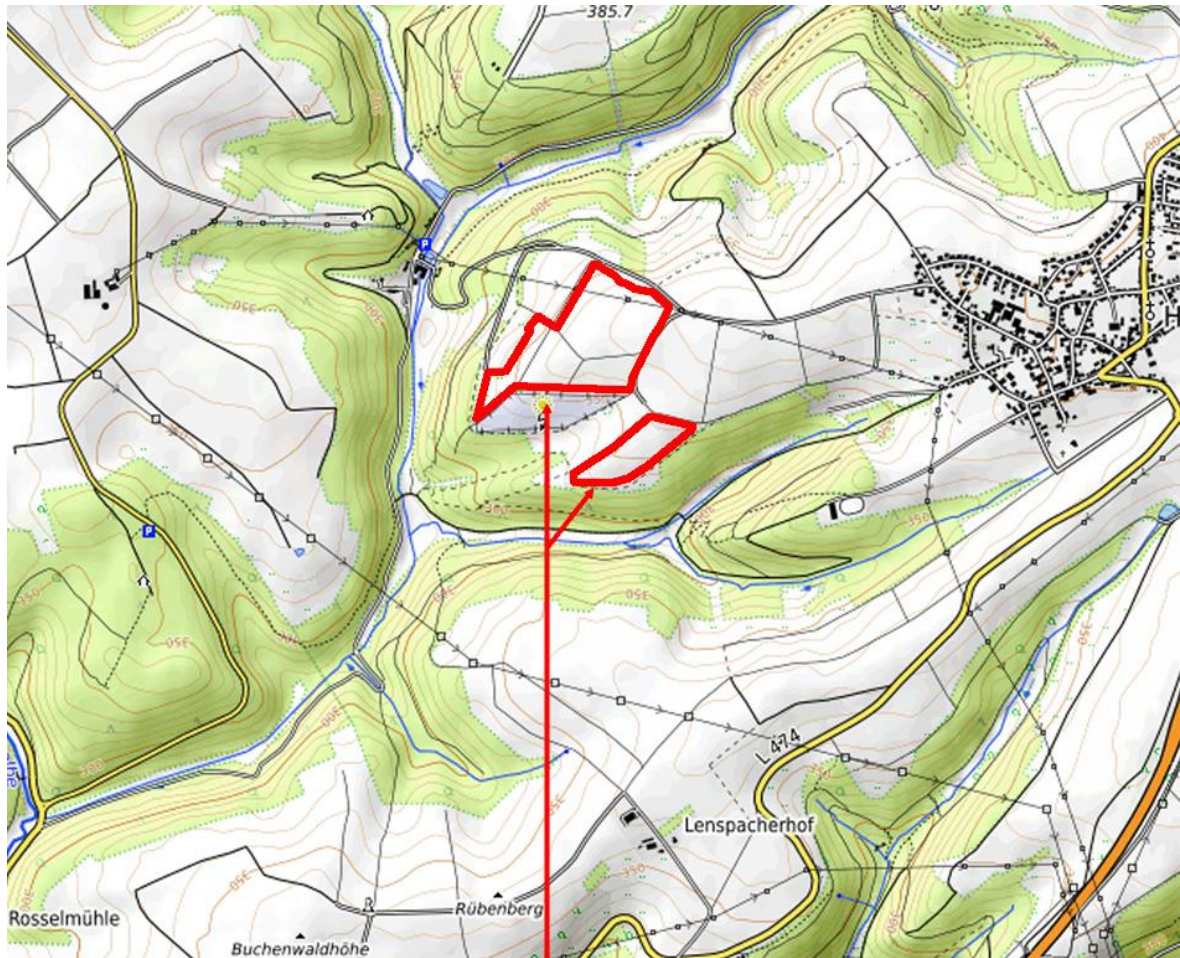
Anlage 1.1 Übersichtslageplan Maßstab 1 : 100.000



Lage des Untersuchungsgebietes

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

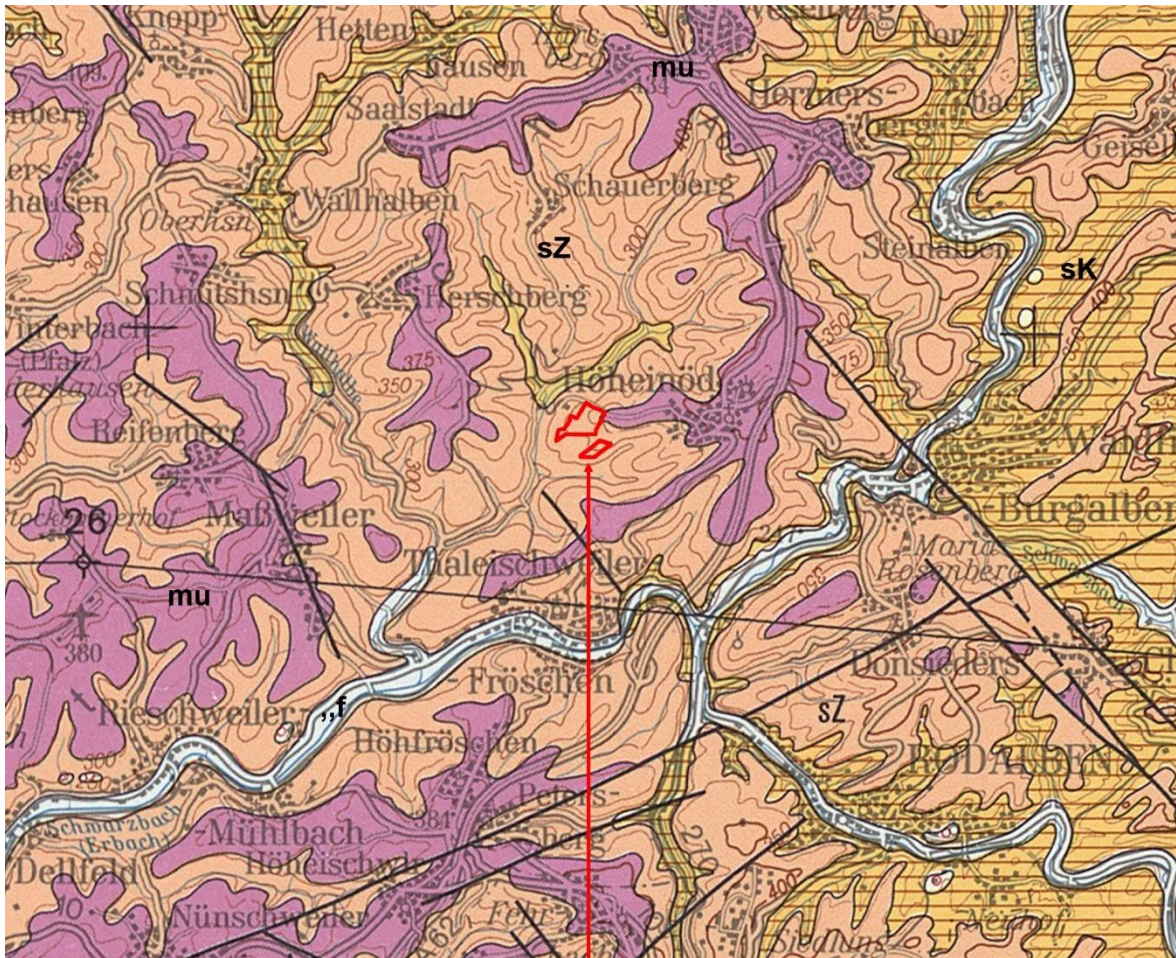
Anlage 1.2 Übersichtslageplan Maßstab 1 : 25.000



Lage des Untersuchungsgebietes

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



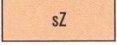
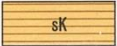


Anlage 1.3 Geologische Karte Maßstab 1 : 100.000



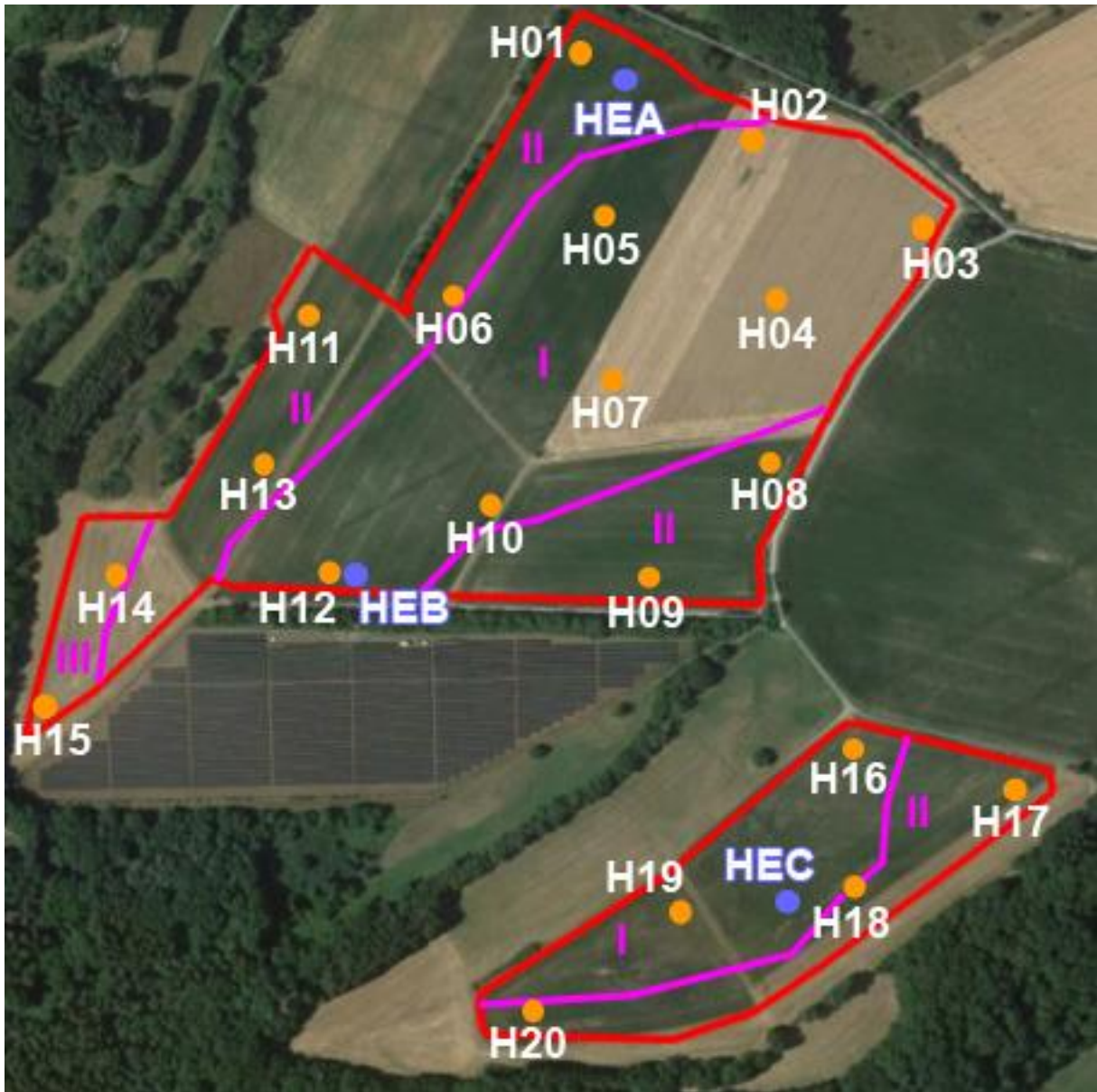
Lage des Untersuchungsgebietes

Kartendaten: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover (1986),
Geologische Übersichtskarte Maßstab 1:200.000, Blatt CC 7110 Mannheim

Legende Geologische Karte

Holozän	KÄNOZOIKUM	
	QUARTÄR	
		fluviatile Ablagerungen Schluff, Sand, Ton, z.T. humos, jung umgelagerter Sand und Kies, z.T. auch Löß
	MESOZOIKUM	
TRIAS		
	Unterer Muschelkalk, marin Dolomitstein, unten sandig, Mergelstein, wellig-wulstiger Kalkstein; oben plattiger bituminöser Kalk- und Mergelstein (60 – 70 m, im SW 48 – 56 m)	
<i>Pfälzer Wald – Nordvogesen</i>		
	Voltziensandstein, Zwischenschichten, Hauptkonglomerat, Obere Felszone Grobsandstein, rot, rötlich-grau, mit Geröllern, nach oben feinerkörnig, mit Einschaltungen von rotem Schluffstein, an der Basis im SW Konglomerat (bis 30 m), im mittleren Teil Karbonatbreccien, rotviolett, am Nordwestrand violette Horizonte (100 – 110 m)	
	Karlstal-Schichten dünnschichtiger Sandstein, ziegelrot, einzelne Lagen gebleicht, Felszone im mittleren Teil (120 – 130 m)	
Zeichen		
	Tektonische Grenzen	nachgewiesen
	Tektonische Grenzen	vermutet

Anlage 1.4 Lageplan der Sondierungen Maßstab 1 : 6.200



Rote Markierung = Umriss des Untersuchungsgebiets

H01 – H20 = Ansatzpunkte der Sondierungen

Pinke Linien = Trennlinien zwischen den Neigungszonen 1, 2 und 3

An den Standorten der Sondierungen H06, H14 und HE18 wurden Kleinrammbohrungen abgeteuft.

An den Punkten HEA, HEB und HEC wurden Bodenproben aus Handschürfen entnommen.

Koordinaten der ungefähren Feldmitte des Nordfeldes: 49°17'18.01"N 07°34'57.21"E

Anlage 2 Rammsondierungen

Anlage 2.1 Tabelle mit Ergebnissen der Rammsondierungen

Sondiererergebnisse Schläge je 10 cm Eindringung, DPL-5

Tiefe m	H01	H02	H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10
0,1	3	1	1	1	1	1	1	1	2	1
0,2	2	1	1	1	2	2	2	3	1	2
0,3	2	3	4	3	3	6	3	3	1	2
0,4	6	2	7	5	6	6	4	5	5	3
0,5	10	12	9	9	7	10	6	6	12	3
0,6	9	15	17	10	7	9	8	4	6	8
0,7	12	16	6	7	12	9	15	6	7	13
0,8	67	11	7	7	16	13	24	12	10	16
0,9	100	39	11	17	31	19	59	15	14	17
1,0		41	7	18	34	17	100	20	22	21
1,1		39	3	31	31	55		19	31	36
1,2			2	32		100		12	30	52
1,3			3	41				15	42	67
1,4			4					14		
1,5			5					16		
1,6			6					15		
1,7			7					28		
1,8			5					27		
1,9			21					32		
2,0			27					35		
2,1			15					44		
2,2			31							
2,3			45							
2,4			67							
2,5										

Tabelle 1/2

Tiefe m	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
0,1	1	1	2	3	3	1	1	0	0	0
0,2	2	1	1	4	15	0	0	1	0	1
0,3	4	2	1	7	22	0	0	1	1	1
0,4	3	21	7	6	15	3	4	2	10	5
0,5	4	6	9	10	9	10	5	3	15	5
0,6	4	7	8	11	7	23	79	5	16	7
0,7	6	11	21	27	57	10	86	9	12	11
0,8	7	11	33	51	65	17		12	13	21
0,9	19	11	39	68		10		13	8	23
1,0	18	11	41			16		18	12	25
1,1	23	16				60		100	21	41
1,2	20	13				72			25	15
1,3	24	13							28	12
1,4	100	15							30	59
1,5		18							34	13
1,6		49							61	19
1,7		72								21
1,8										80
1,9										100
2,0										
2,1										
2,2										
2,3										
2,4										
2,5										

Tabelle 2/2

Anlage 2.2 Rammdiagramme

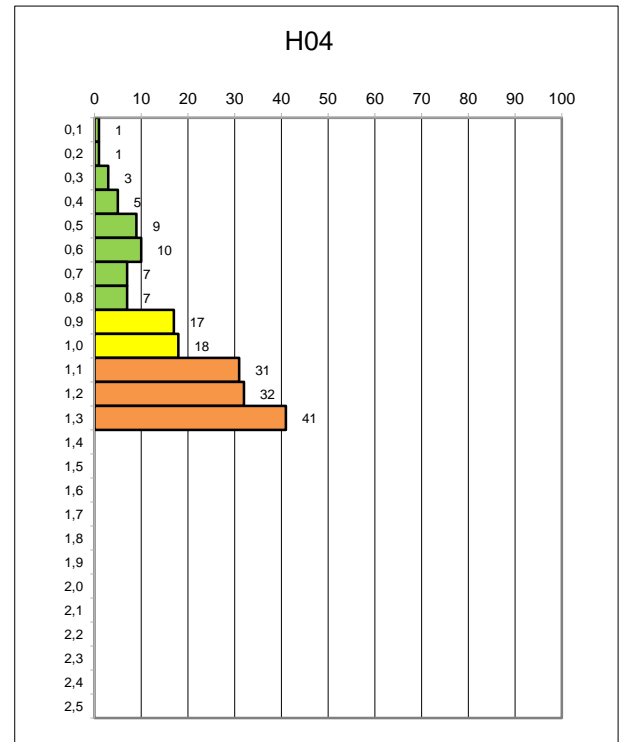
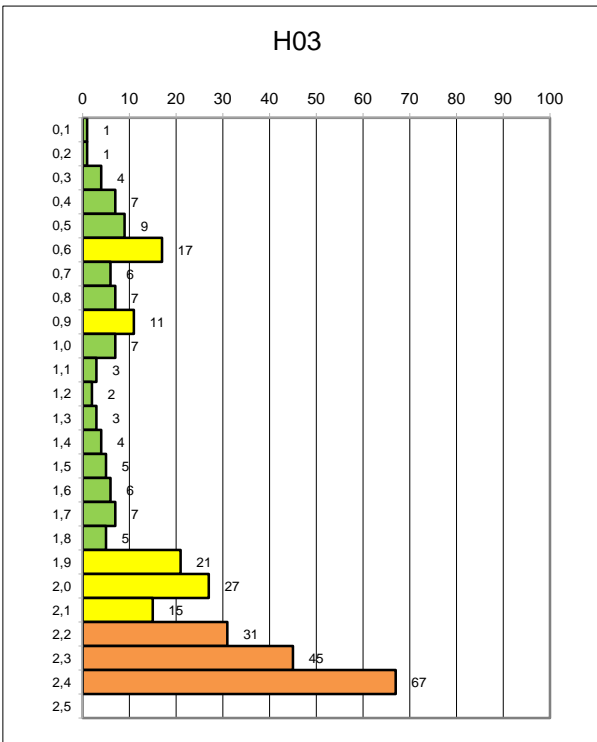
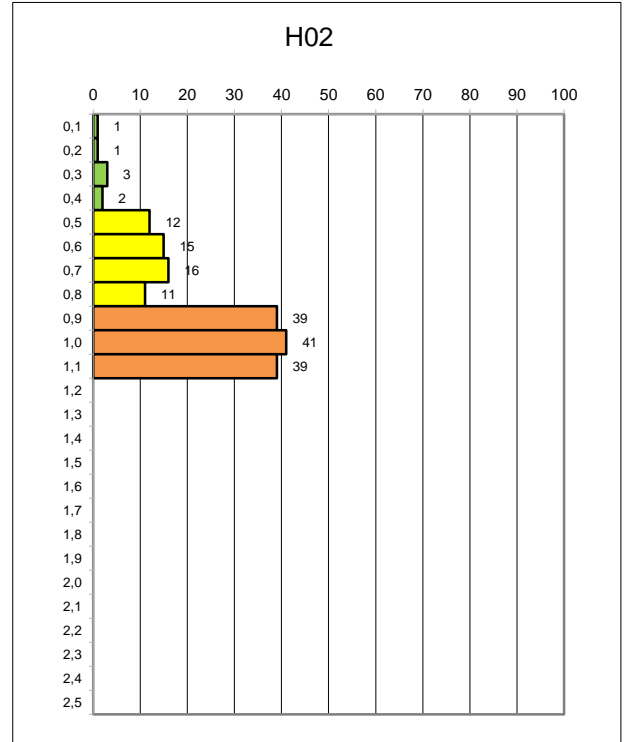
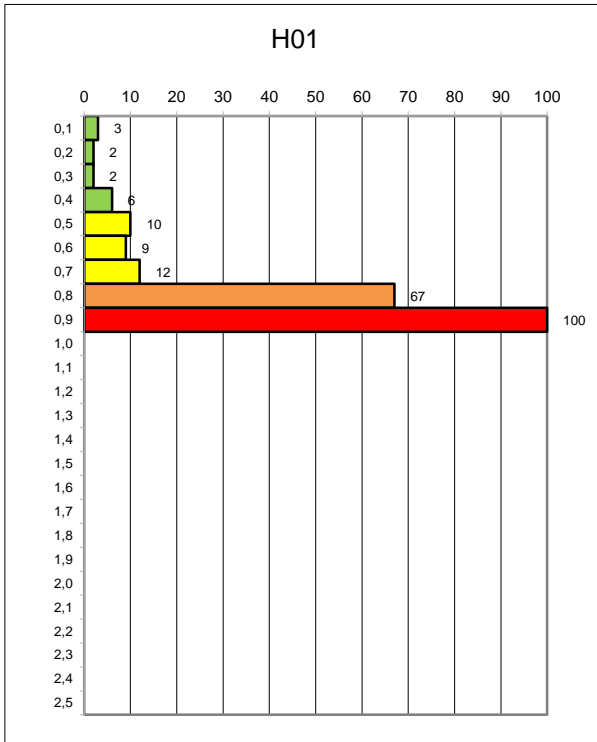
Sonde DPL-5

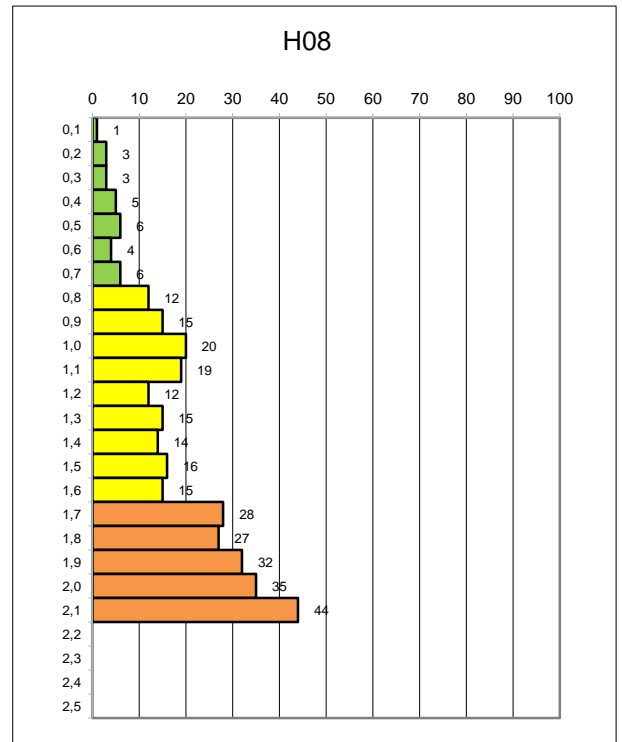
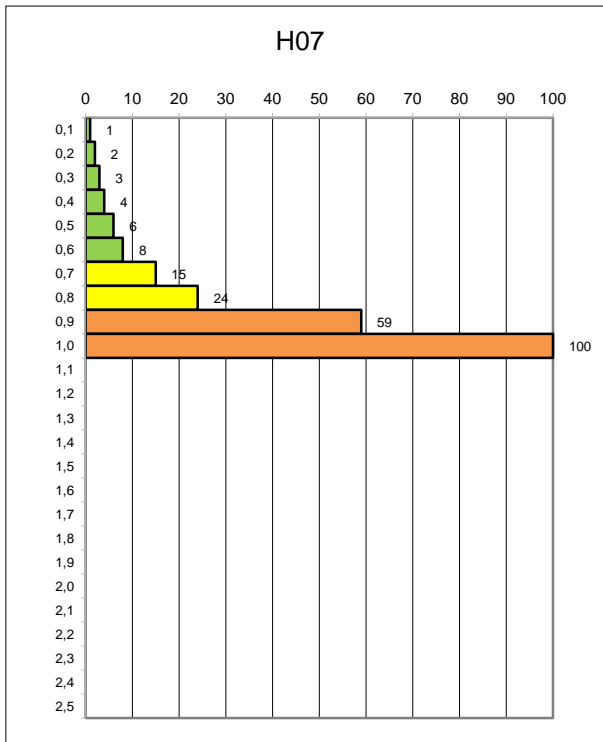
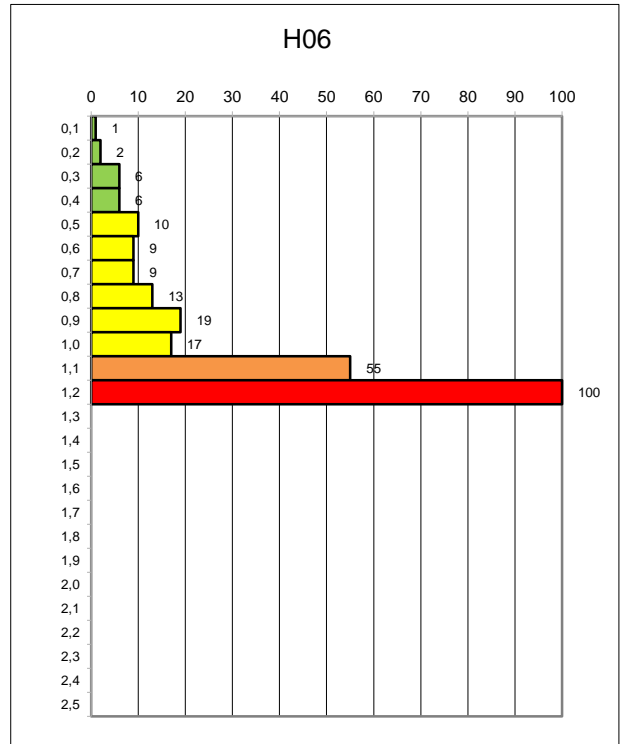
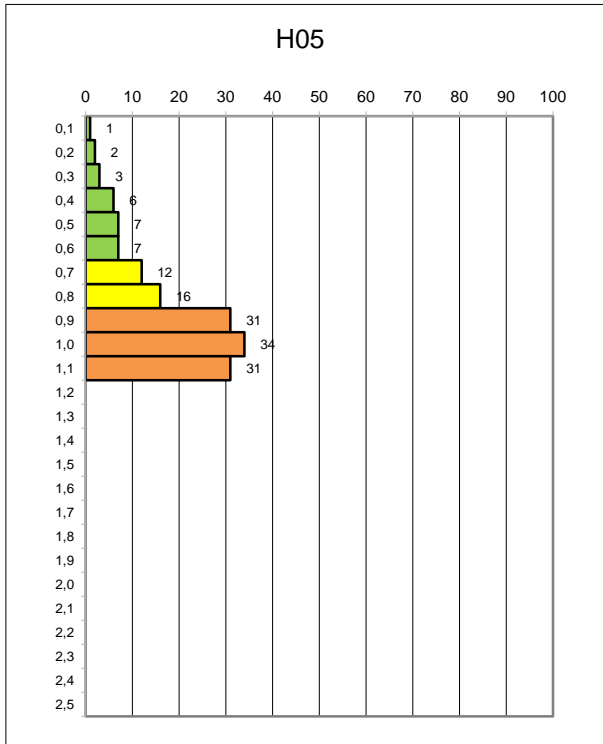
Erläuterung: Die Balkendiagramme zeigen die notwendige Anzahl der Schläge je 10 cm Eindringung, aufgetragen über die Tiefe. Für die Gründung bedeuten:

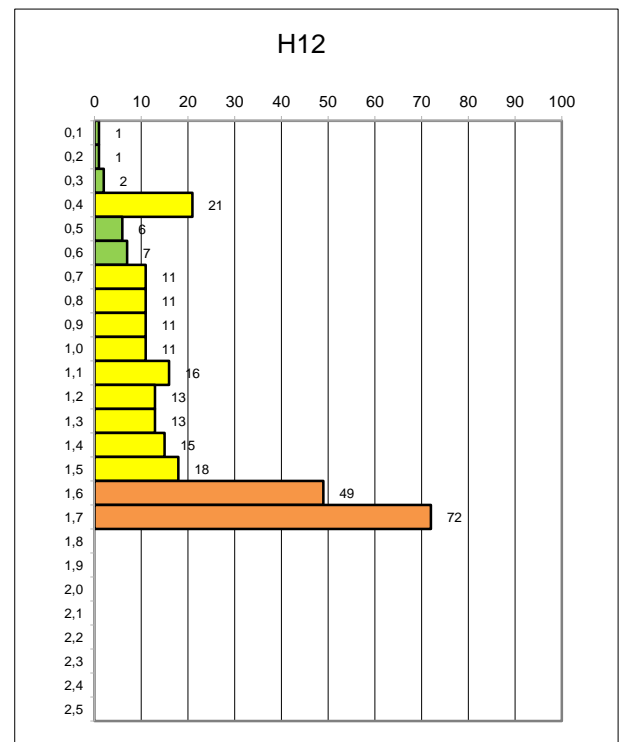
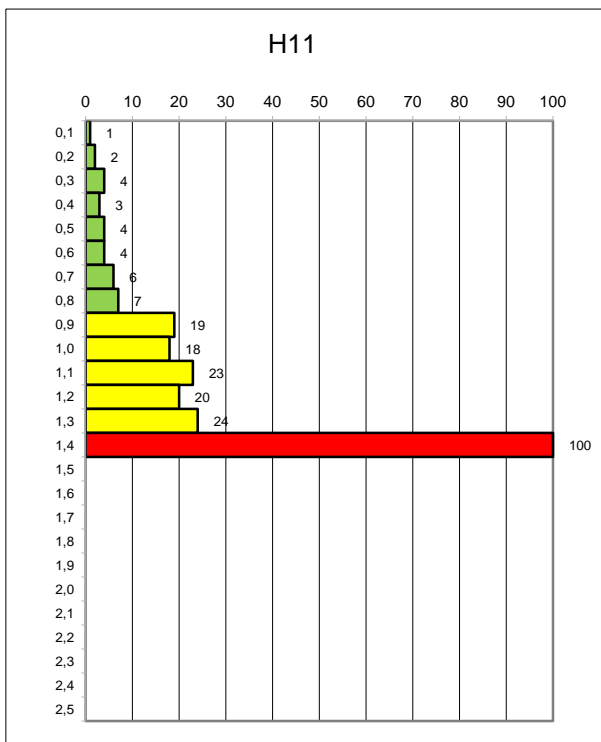
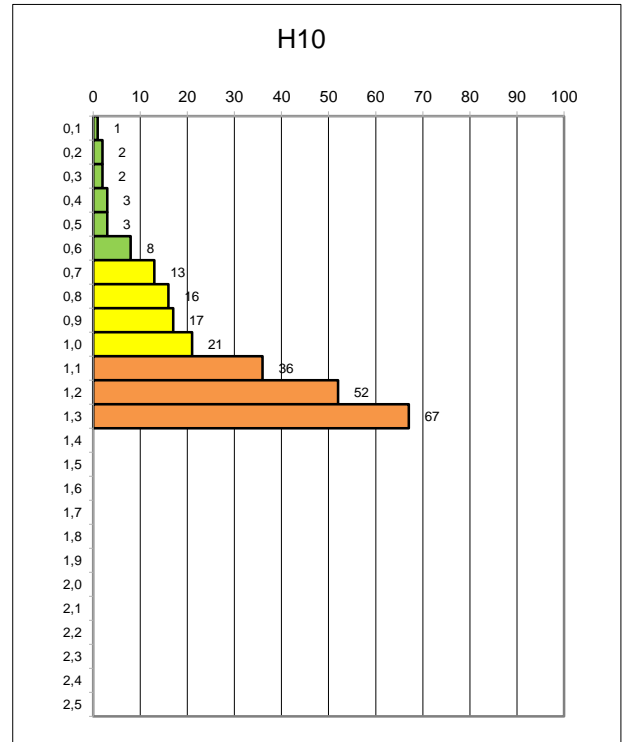
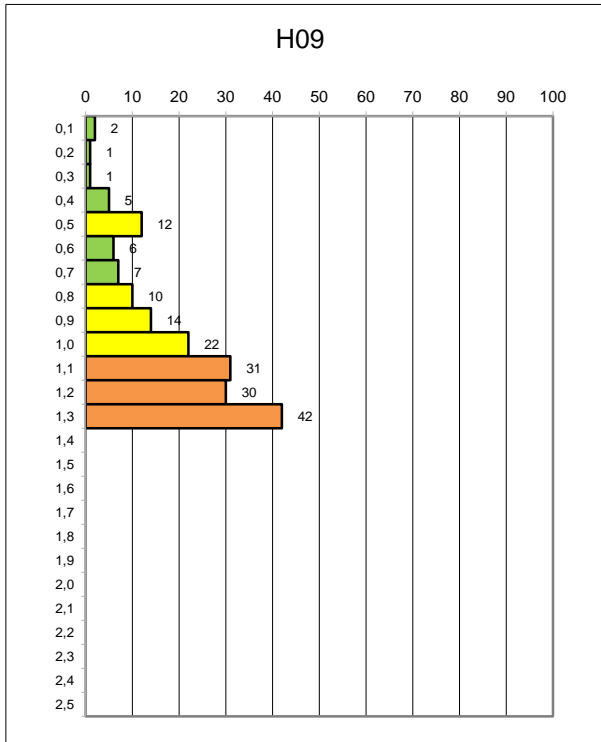
- Fall A Die Sondierung wurde deutlich tiefer als die spätere Gründung geführt. Das heißt, dass kein Rammhindernis für den Pfosten an dieser Stelle zu erwarten ist. Die notwendige Gründungstiefe wird für diesen Boden berechnet.
- Fall B Die Sondierung endet plötzlich mit einem hohen Rammwiderstand in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

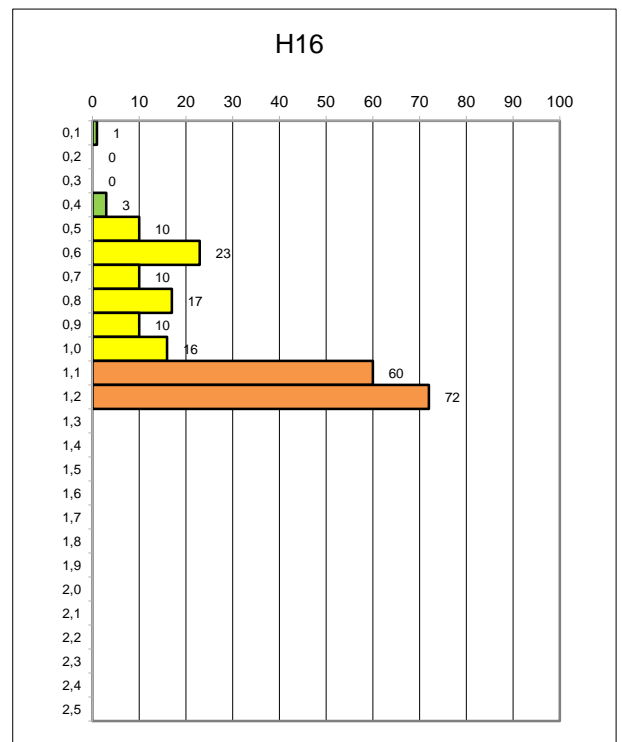
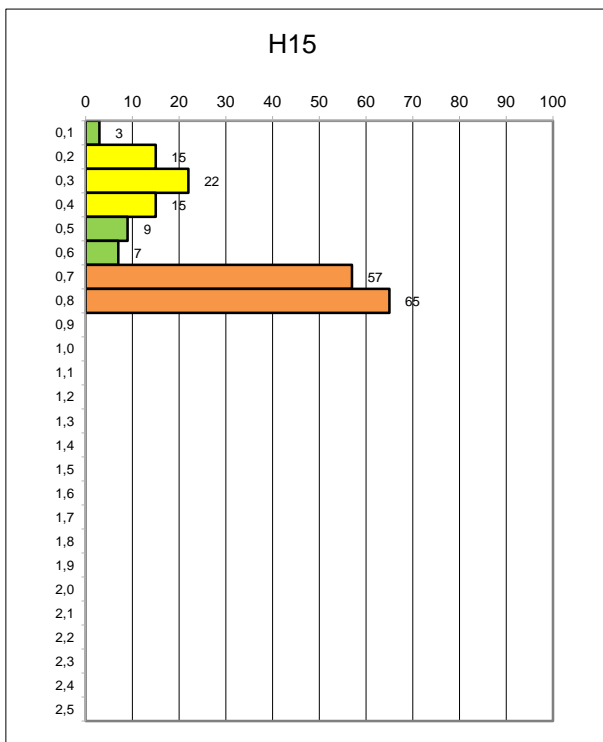
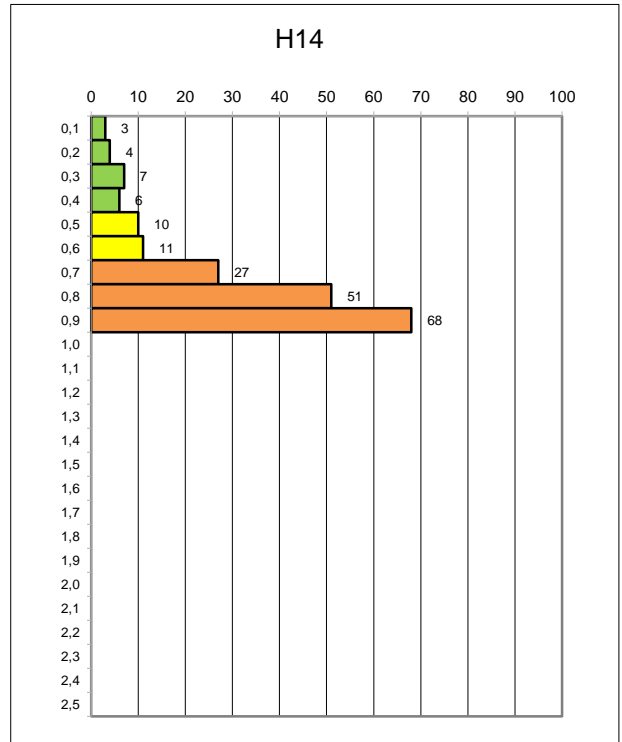
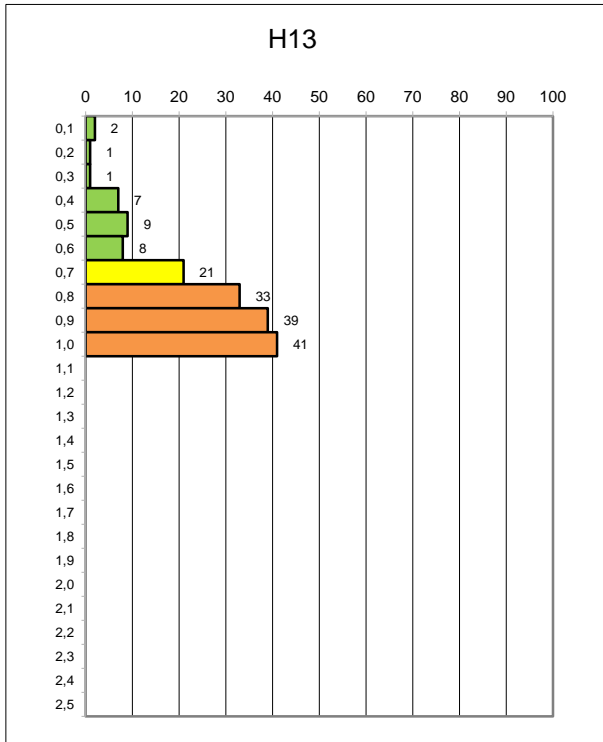
Legende zur Farbgebung in den Diagrammen:

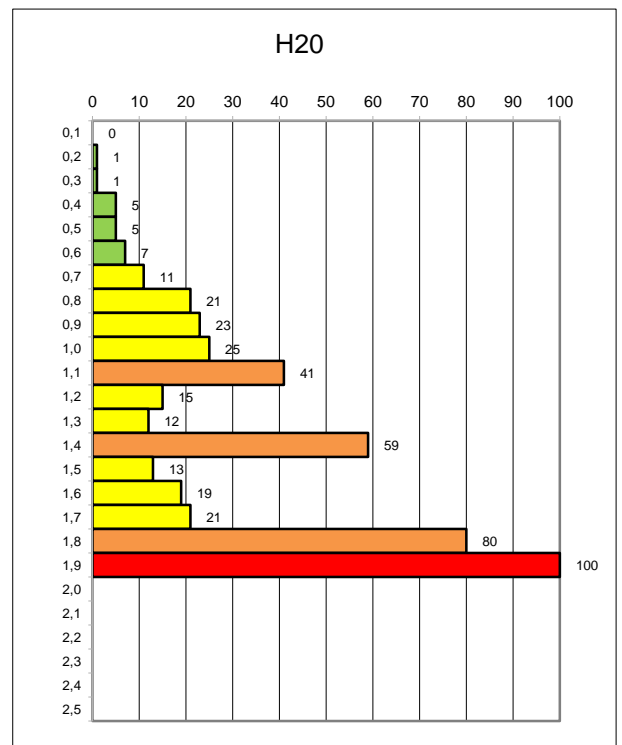
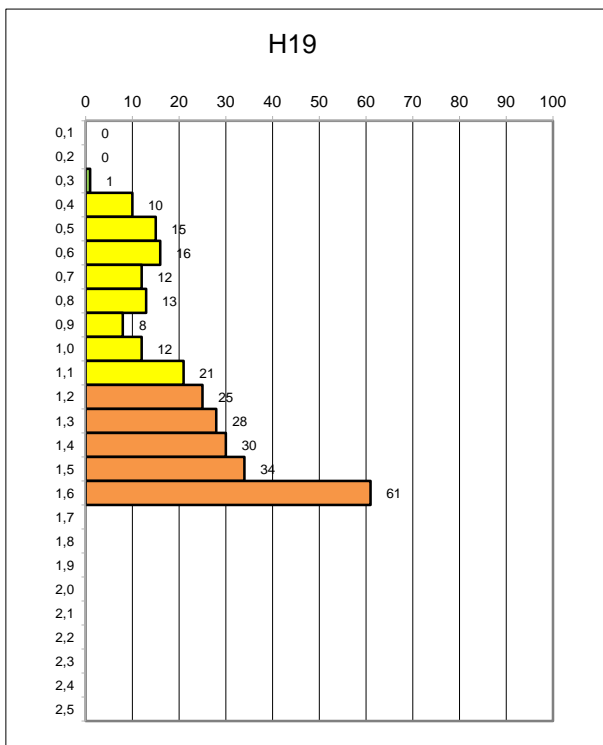
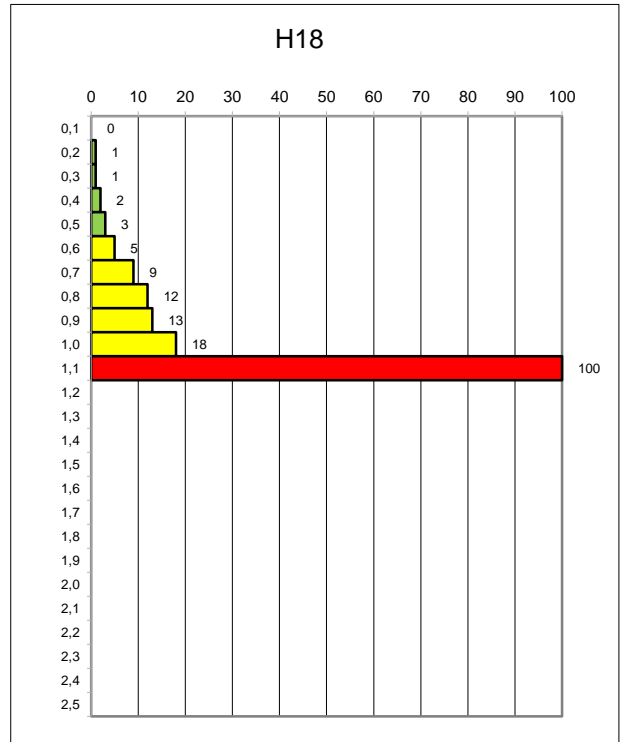
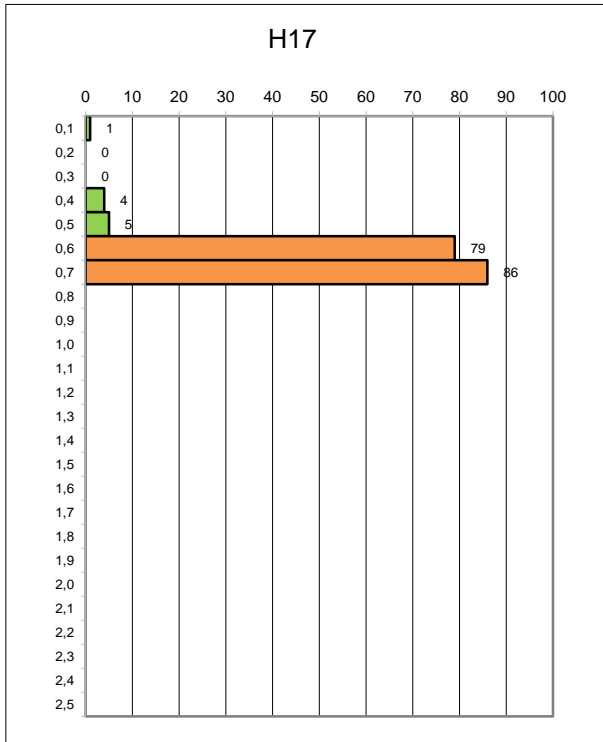
Schicht S1-A	Sandiger Lehm, weich / locker gelagert	grün
Schicht S1-B	Sandiger Lehm steif /mitteldicht gelagert oder kleinere Steine in S1-A	gelb
Schicht S2	Verwitterungshorizont oder größere Steine in S1	orange
	Rammhindernis	rot











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

Schicht S1: Sandiger Lehm

(Schluff, schwach sandig bis Sand, stark schluffig, häufig schwach tonig bis teilweise stark tonig, zumeist schwach kiesig bis kiesig)

Farbe: braun bis rotbraun

Im oberen Bereich (Schicht **S1-A**) sehr locker gelagert und je nach Witterung weich bis halbfest, darunter (Schicht **S1-B**) mitteldicht gelagert und steif bis halbfest

Mächtigkeit **S1-A**: meist 0,4 – 0,8 m, stellenweise bis 1,8 m

Mächtigkeit **S1-B**: 0,2 – 1,1 m

	Wichte γ cal. kN/m ³	Reibungswinkel φ cal. °	Kohäsion c' cal kN/m ²	Steife vertikal Es v MN/m ²	Steife horizontal Es h MN/m ²	Mantelreibung (Bruchwert) MN/m ²
S1-A	18,0	27,5	3	8	10	0,010
S1-B	19,0	27,5	5	20	17	0,017

Der Boden entspricht der Bodenklasse 3/4 (nach DIN 18300-2012).

Schicht S2: Verwitterungshorizont

(Sand, kiesig, schwach schluffig bis schluffig, größere Steine vorhanden)

Farbe: rotbraun, im ausgebleichten Zustand hellgrau

Maximal sondierte Mächtigkeit: 0,5 m

Mitteldicht gelagert

	Wichte γ cal. kN/m ³	Reibungswinkel φ cal. °	Kohäsion c' cal kN/m ²	Steife vertikal Es v MN/m ²	Steife horizontal Es h MN/m ²	Mantelreibung (Bruchwert) MN/m ²
	18,0	30	1	30	27	0,025

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

Schicht **S3**: Buntsandstein

(Sandstein, stellenweise Dolomit möglich)

Farbe: Zumeist rotbraun

Nicht rammbaar

Bodenkennwerte gelten für aufgebohrtes Material

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
24,5	37,5	1	40	35	0,040

Der Boden entspricht der Bodenklasse 7 (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 (kompakt)	Boden künstlich aufgefüllt
Vorkommen, Anteil an Gesamtfläche	n.v.	Schicht S2 im gesamten Untersuchungsgebiet im Untergrund	n.v.	Schicht S1 im gesamten Untersuchungsgebiet an der Oberfläche	Schicht S3 , teilweise unterhalb Gründungsniveau	n.v.
Rammpbarkeit		Mittel bis schwierig		gut	Nicht rammpbar	
Rammhindernisse vorhanden		Größere Steine möglich		Nein	Ja	
Vorstechen / Vorbrechen / Vorbohren erforderlich		Ab und zu		Nein	Ja	
Boden korrosiv gegen galvanisierten Stahl				Siehe Anlage 4		
Grundwasser		Nicht angetroffen		Nicht angetroffen	Nicht angetroffen	
Hangneigung				0° - 15°		
Haltekräfte des Bodens gegen vertikale und horizontale Lasten		Vert: mittel bis hoch Hor: mittel		Oberer Bereich (S1-A): Vert: gering Hor: gering bis mittel Unterer Bereich (S1-B): Vert: mittel Hor: mittel	Vert: sehr hoch Hor: sehr hoch	
Befahrbarkeit R: Radfahrzeug K: Kettenfz.				Bei Trockenheit: R: gut K: gut Bei Nässe: R: eingeschränkt K: gut		
Bewuchs				Feldfrucht		

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 HEA Co, HEB Co und HEC Co

HEA 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 Catherine Barroy
St.-Martin-Straße 11
86551 Aichach OT Untermauerbach

Geschäftsfeld: Umwelt
Ansprechpartner: L. Schinhart
Durchwahl: +49 89 82996631
E-Mail: Lena.Schinhart@wessling.de

Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CMU24-009594-1

Datum: 12.12.2024

Auftrag Nr.: CMU-03528-24

Auftrag: Pfalzwerke Höheinöd AZ 24691-9

i.A.

Susanne Kesselstein
Sachverständige Umwelt und Wasser
Diplom-Biologin

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

Geschäftsführer:
Sven Polenz,
Martin Stener,
Thomas Symura
HRB 1953 AG Steinfurt

Probeninformation

Probe Nr.	24-159175-01
Bezeichnung	HEA Co
Probenart	Boden
Probenahme	25.11.2024
Zeit	11:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	R. Flötzer
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	04.12.2024
Untersuchungsbeginn	03.12.2024
Untersuchungsende	12.12.2024

Probenvorbereitung gem. DIN 4030-2

	24-159175-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Lufttrocknung (40°C)	05.12.2024			DIN 19747 (2009-07)	AL
Mahlen < 90 µm	05.12.2024			DIN 19747 (2009-07)	AL
Salzsäureheißextrakt	09.12.2024			DIN 4030-2 (2008-06)	AL
25:1 Eluat	06.12.2024			DIN 4030-2 (2008-06)	AL

Probenvorbereitung gem. DIN 50929-3

	24-159175-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Masse ungetrocknete Probe	739,9	g		DIN 19747 (2009-07)	AL
Fraktion > 5 mm	n. a.	g	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
Auswaage Fraktion < 5 mm	n.a.	g		DIN 19747 (2009-07)	AL
Fraktion < 5 mm	n. a.	Gew%	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
4:1 Eluat	09.12.2024			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 3	AL
Salzsäureauszug	06.12.2024			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 4	AL

Messparameter gem. DIN 4030-2

Im salzsauren Heißextrakt

	24-159175-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, heiß HCl-löslich	3.380	µg/l	SalzHE xtr	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Im 25:1 Eluat

	24-159175-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Chlorid (Cl)	1,0	mg/l	EL 25:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Messparameter gem. DIN 50929-3

Im 4:1 Eluat

	24-159175-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert vor Titration	6,45		EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	<0,2	mmol/l	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Titrationstemperatur (Säure 4,3)	19,91	°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 ₄)	2,6	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Im salzsauren Auszug

	24-159175-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, HCl-löslich	5.280	µg/l	Salzsausz	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Kriterien gem. DIN 4030-2

	24-159175-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Säuregrad nach Baumann-Gully	225	ml/kg	L-TS <2	DIN 4030-2 (2008-06)	AL
Sulfat, heiß HCl-löslich	320	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

	24-159175-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfid (S)	<1	mg/kg	L-TS	DIN 4030-2 mod. (2008-06)	AL

Kriterien gem. DIN 50929-3

	24-159175-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Abschlämbbare Bestandteile	33	Gew%	TS <5	DIN 50929-3 (2018-03)	*
Wassergehalt (105°C)	16,3	Gew%	OS <5	DIN EN 15934 (2012-11) A	AL
pH-Wert (50 %-ige Aufschlammung)	6,6		OS <5	DIN EN 15933 mod. (2012-11)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	<1,0	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus SK4.3 gem. DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Basekapazität, pH 7,0	3	mmol/kg	TS <5	DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 5	AL
Sulfat, HCl-löslich	1,93	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Neutralsalze (Cl + 2*SO ₄), gelöst incl. ½BG	0,6	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus Messung gem. DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

24-159175-01

Kommentare der Ergebnisse:

Sbg. 5mm (F min) Siebanalyse 50929-3: Probe: nicht siebbar, Lehm

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

Geschäftsführer:
 Sven Polenz,
 Martin Stenz,
 Thomas Symura
 HRB 1953 AG Steinfurt



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

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

Legende

aS	ausführender Standort	OS	Originalsubstanz	SalzHEx	Salzsaurer Heißeextrakt
EL 25:1	Eluat mit Wasser-Feststoff-Verhältnis 25:1	EL 4:1	Eluat mit Wasser-Feststoff-Verhältnis 4:1	tr	
L-TS	Lufttrockensubstanz der <2mm Fraktion	L-TS	Lufttrockensubstanz	SalzAu	Salzsaurer Auszug
OS <5	OS <5	AL	Altenberge	sz	
n. n.	nicht nachgewiesen (chemisch), nicht nachweisbar (mikrobiologisch)	n. b.	nicht bestimmbar	TS <5	Trockensubstanz der <5mm Fraktion
				*	Kooperationspartner
				n. a.	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:
 Sven Polenz,
 Martin Stener,
 Thomas Symura
 HRB 1953 AG Steinfurt

HEB 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 Catherine Barroy
St.-Martin-Straße 11
86551 Aichach OT Untermauerbach

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

Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CMU24-009595-1

Datum: 12.12.2024

Auftrag Nr.: CMU-03528-24

Auftrag: Pfalzwerke Höheinöd AZ 24691-9

i.A.

Susanne Kesselstein
Sachverständige Umwelt und Wasser
Diplom-Biologin

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

Geschäftsführer:
Sven Polenz,
Martin Stener,
Thomas Symura
HRB 1953 AG Steinfurt

Probeninformation

Probe Nr.	24-159175-02
Bezeichnung	HEB Co
Probenart	Boden
Probenahme	25.11.2024
Zeit	11:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	R. Flötzer
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	04.12.2024
Untersuchungsbeginn	03.12.2024
Untersuchungsende	12.12.2024

Probenvorbereitung gem. DIN 4030-2

	24-159175-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Lufttrocknung (40°C)	06.12.2024			DIN 19747 (2009-07)	AL
Mahlen < 90 µm	06.12.2024			DIN 19747 (2009-07)	AL
Salzsäureheißextrakt	09.12.2024			DIN 4030-2 (2008-06)	AL
25:1 Eluat	10.12.2024			DIN 4030-2 (2008-06)	AL

Probenvorbereitung gem. DIN 50929-3

	24-159175-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Masse ungetrocknete Probe	794,6	g		DIN 19747 (2009-07)	AL
Fraktion > 5 mm	n. a.	g	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
Auswaage Fraktion < 5 mm	n. a.	g		DIN 19747 (2009-07)	AL
Fraktion < 5 mm	n. a.	Gew%	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
4:1 Eluat	09.12.2024			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 3	AL
Salzsäureauszug	06.12.2024			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 4	AL

Messparameter gem. DIN 4030-2

Im salzsauren Heißextrakt

	24-159175-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, heiß HCl-löslich	3.400	µg/l	SalzHE xtr	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Im 25:1 Eluat

	24-159175-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Chlorid (Cl)	<1	mg/l	EL 25:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Messparameter gem. DIN 50929-3

Im 4:1 Eluat

	24-159175-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert vor Titration	6,62		EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	<0,2	mmol/l	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Titrationstemperatur (Säure 4,3)	19,8	°C	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Chlorid (Cl)	<1	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL
Sulfat (SO ₄)	<1	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Im salzsauren Auszug

	24-159175-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, HCl-löslich	6.770	µg/l	SalzsAu sz	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Kriterien gem. DIN 4030-2

	24-159175-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Säuregrad nach Baumann-Gully	136	ml/kg	L-TS <2	DIN 4030-2 (2008-06)	AL
Sulfat, heiß HCl-löslich	340	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

	24-159175-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfid (S)	<1	mg/kg	L-TS	DIN 4030-2 mod. (2008-06)	AL

Kriterien gem. DIN 50929-3

	24-159175-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Abschlammbare Bestandteile	34	Gew%	TS <5	DIN 50929-3 (2018-03)	*
Wassergehalt (105°C)	18,5	Gew%	OS <5	DIN EN 15934 (2012-11) A	AL
pH-Wert (50 %-ige Aufschlammung)	7,2		OS <5	DIN EN 15933 mod. (2012-11)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	<1,0	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	2,42	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Neutralsalze (Cl + 2*SO ₄), gelöst incl. ½BG	0,1	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus Messung gem. DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL



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

24-159175-02

Kommentare der Ergebnisse:

Sbg. 5mm (F min) Siebanalyse 50929-3: Probe: nicht siebbar, Lehm

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

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

Legende

aS	ausführender Standort	OS	Originalsubstanz	SalzHEx	Salzsaurer Heißextrakt
EL 25:1	Eluat mit Wasser-Feststoff-Verhältnis 25:1	EL 4:1	Eluat mit Wasser-Feststoff-Verhältnis 4:1	tr	
L-TS	Lufttrockensubstanz der <2mm Fraktion	L-TS	Lufttrockensubstanz	SalzSAu	Salzsaurer Auszug
OS <5	OS <5	AL	Altenberge	sz	
n. n.	nicht nachgewiesen (chemisch), nicht nachweisbar (mikrobiologisch)	n. b.	nicht bestimmbar	TS <5	Trockensubstanz der <5mm Fraktion
				*	Kooperationspartner
				n. a.	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:
 Sven Polenz,
 Martin Stener,
 Thomas Symura
 HRB 1953 AG Steinfurt

HEC 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 Catherine Barroy
St.-Martin-Straße 11
86551 Aichach OT Untermauerbach

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

Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CMU24-009596-1

Datum: 12.12.2024

Auftrag Nr.: CMU-03528-24

Auftrag: Pfalzwerke Höheinöd AZ 24691-9

i.A.

Susanne Kesselstein
Sachverständige Umwelt und Wasser
Diplom-Biologin

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

Geschäftsführer:
Sven Polenz,
Martin Stenar,
Thomas Symura
HRB 1953 AG Steinfurt

Probeninformation

Probe Nr.	24-159175-03
Bezeichnung	HEC Co
Probenart	Boden
Probenahme	25.11.2024
Zeit	11:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probenehmer	R. Flötzer
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	04.12.2024
Untersuchungsbeginn	03.12.2024
Untersuchungsende	12.12.2024

Probenvorbereitung gem. DIN 4030-2

	24-159175-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Lufttrocknung (40°C)	05.12.2024			DIN 19747 (2009-07)	AL
Mahlen < 90 µm	05.12.2024			DIN 19747 (2009-07)	AL
Salzsäureheißextrakt	09.12.2024			DIN 4030-2 (2008-06)	AL
25:1 Eluat	06.12.2024			DIN 4030-2 (2008-06)	AL

Probenvorbereitung gem. DIN 50929-3

	24-159175-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Masse ungetrocknete Probe	896,5	g		DIN 19747 (2009-07)	AL
Fraktion > 5 mm	n. a.	g	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
Auswaage Fraktion < 5 mm	n.a.	g		DIN 19747 (2009-07)	AL
Fraktion < 5 mm	n. a.	Gew%	OS	DIN 19747 (2009-07)	AL
4:1 Eluat	09.12.2024			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 3	AL
Salzsäureauszug	06.12.2024			DVGW GW 9 (2011-09) Anhang B, Modul 4	AL

Messparameter gem. DIN 4030-2

Im salzsauren Heißextrakt

	24-159175-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, heiß HCl-löslich	2.320	µg/l	SalzHE xtr	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Im 25:1 Eluat

	24-159175-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Chlorid (Cl)	<1	mg/l	EL 25:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Messparameter gem. DIN 50929-3

Im 4:1 Eluat

	24-159175-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert vor Titration	6,32		EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	<0,2	mmol/l	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Titrationstemperatur (Säure 4,3)	19,77	°C	EL 4:1	DIN 38409-7 (2005-12)	AL
Chlorid (Cl)	1,9	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL
Sulfat (SO ₄)	1,6	mg/l	EL 4:1	DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL

Im salzsauren Auszug

	24-159175-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Schwefel, HCl-löslich	4.310	µg/l	Salzsausz	DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL

Kriterien gem. DIN 4030-2

	24-159175-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Säuregrad nach Baumann-Gully	114	ml/kg	L-TS <2	DIN 4030-2 (2008-06)	AL
Sulfat, heiß HCl-löslich	220	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

	24-159175-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfid (S)	<1	mg/kg	L-TS	DIN 4030-2 mod. (2008-06)	AL

Kriterien gem. DIN 50929-3

	24-159175-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Abschlämbbare Bestandteile	29	Gew%	TS <5	DIN 50929-3 (2018-03)	*
Wassergehalt (105°C)	15,6	Gew%	OS <5	DIN EN 15934 (2012-11) A	AL
pH-Wert (50 %-ige Aufschlammung)	7,4		OS <5	DIN EN 15933 mod. (2012-11)	AL
Säurekapazität, pH 4,3, gelöst	<0,9	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	1,42	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus S gem. DIN ISO 22036 mod. (2009-06)	AL
Neutralsalze (Cl + 2*SO ₄), gelöst incl. ½BG	0,4	mmol/kg	TS <5	Berechnung aus Messung gem. DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)	AL



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

24-159175-03

Kommentare der Ergebnisse:

Sbg. 5mm (F min) Siebanalyse 50929-3: Probe: nicht siebbar, Lehm

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

Norm

Modifikation

DIN ISO 22036 mod. (2009-06)

DIN 4030-2 mod. (2008-06)

DIN EN ISO 10304-1 mod. (2009-07)

DIN EN 15933 mod. (2012-11)

Aufschluss: Salzsäure/Zinnchlorid-Gemisch (18%HCl, 1% Sn(II)Cl) + Zinkpulver & anschließende elektrochemische Bestimmung gem. DIN 38405-27 (D27) (2017-10)
 Bestimmung aus 25:1 Eluat nach DIN 4030-2:2008-06

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

Legende

aS	ausführender Standort	OS	Originalsubstanz	SalzHEX	Salzsaurer Heißeextrakt
EL 25:1	Eluat mit Wasser-Feststoff-Verhältnis 25:1	EL 4:1	Eluat mit Wasser-Feststoff-Verhältnis 4:1	tr	
L-TS	Lufttrockensubstanz der <2mm Fraktion	L-TS	Lufttrockensubstanz	SalzSAu	Salzsaurer Auszug
OS <5	OS <5	AL	Altenberge	sz	
n. n.	nicht nachgewiesen (chemisch), nicht nachweisbar (mikrobiologisch)	n. b.	nicht bestimmbar	TS <5	Trockensubstanz der <5mm Fraktion
				*	Kooperationspartner
				n. a.	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:
 Sven Polenz,
 Martin Stener,
 Thomas Symura
 HRB 1953 AG Steinfurt

Anlage 4.2 Analyse hinsichtlich Stahlaggressivität nach DIN 50929

HEA 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: 24-159175-01		HEA Co	
Merkmal und Messgröße	Einheit	Analyse	Bewertungszahl
(1) Abschlämbbare Bestandteile (a) Verunreinigungen (Torf, Moor, Schlacken, Dünger, etc.)?	Ma%	33	Z ₁ = 0
		nein	
(3) Wassergehalt	Ma%	16,3	Z ₃ = 0
(4) pH-Wert		6,6	Z ₄ = 0
(5+6) Pufferkapazität (berechnet) Säurekapazität bis pH 4,3 Basekapazität bis pH 7,0	mmol/kg		
	mmol/kg	<1,0	Z ₅ = 0
	mmol/kg	3	Z ₆ = -2
(7) Sulfid (S²⁻)	mg/kg	<1	Z ₇ = 0
(9) Neutralsalze (wässriger Auszug) c(Cl ⁻) + 2c(SO ₄ ²⁻)	mmol/kg	0,6	Z ₉ = 0
(8) Sulfat (SO₄²⁻ im salzsauren Auszug)	mmol/kg	1,93	Z ₈ = 0

Örtliche Gegebenheiten:	Bewertungszahl
(2) spezifischer elektrischer Bodenwiderstand 188 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=

-2

 Bewertungszahlsumme B₁=

-2

Einschätzung/Beurteilung:

Der Boden ist in die Bodenklasse

I b

 einzuordnen, die Korrosionsbelastung ist **niedrig** (B₀= **-2**)


Die Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen ist **gering** bezüglich der Mulden- und Lochkorrosion und **sehr gering** bezüglich der Flächenkorrosion. (B₁= **-2**)

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

Aichach
Ort

05.02.2025
Datum

R. Flötzer
Sachbearbeiter



HEB 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:

24-159175-02

HEB Co

Merkmal und Messgröße	Einheit	Analyse	Bewertungszahl
(1) Abschlämbare Bestandteile (a) Verunreinigungen (Torf, Moor, Schlacken, Dünger, etc.)?	Ma%	34,0	Z ₁ = 0
		nein	
(3) Wassergehalt	Ma%	18,5	Z ₃ = 0
(4) pH-Wert		7,2	Z ₄ = 0
(5+6) Pufferkapazität (berechnet)	mmol/kg		
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/kg	<1,0	Z ₅ = 0
Basekapazität bis pH 7,0	mmol/kg	n.a.	Z ₆ = 0
(7) Sulfid (S²⁻)	mg/kg	<1	Z ₇ = 0
(9) Neutralsalze (wässriger Auszug) c(Cl ⁻) + 2c(SO ₄ ²⁻)	mmol/kg	0,1	Z ₉ = 0
(8) Sulfat (SO₄²⁻ im salzsauren Auszug)	mmol/kg	2,4	Z ₈ = -1

Örtliche Gegebenheiten:	Bewertungszahl
(2) spezifischer elektrischer Bodenwiderstand 287 Ω*m	Z ₂ = 2
(10) Lage des Objektes zum Grundwasser	Z ₁₀ = 0
(12) Bodenhomogenität vertikal (Bodenwiderstand)	Z ₁₂ = 0
(13) Bodenhomogenität - Bettung homogen (artgleicher Boden), dann Z ₁₃ = 0 inhomogen (bodenfremde Bestandteile, z.B. Holz, Wurzeln, Verunreinigungen), dann Z ₁₃ = -6	Z ₁₃ = 0
(14) Bodenhomogenität - unterschiedliche pH-Werte	Z ₁₄ = 0

Bewertungszahlsumme B₀=

1

Bewertungszahlsumme B₁=

1

Einschätzung/Beurteilung:

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

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

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

Aichach
Ort

05.02.2025
Datum

R. Flötzer
Sachbearbeiter

ConSoGeol
GmbH & Co. KG

HEC 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:

24-159175-03

HEC Co

Merkmal und Messgröße	Einheit	Analyse	Bewertungszahl
(1) Abschlämbare Bestandteile (a) Verunreinigungen (Torf, Moor, Schlacken, Dünger, etc.)?	Ma%	29,0	Z ₁ = 2
		nein	
(3) Wassergehalt	Ma%	15,6	Z ₃ = 0
(4) pH-Wert		7,4	Z ₄ = 0
(5+6) Pufferkapazität (berechnet)	mmol/kg		
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/kg	<0,9	Z ₅ = 0
Basekapazität bis pH 7,0	mmol/kg	n.a.	Z ₆ = 0
(7) Sulfid (S²⁻)	mg/kg	<1	Z ₇ = 0
(9) Neutralsalze (wässriger Auszug) c(Cl ⁻) + 2c(SO ₄ ²⁻)	mmol/kg	0,4	Z ₉ = 0
(8) Sulfat (SO₄²⁻ im salzsauren Auszug)	mmol/kg	1,4	Z ₈ = 0

Örtliche Gegebenheiten:	Bewertungszahl
(2) spezifischer elektrischer Bodenwiderstand 139 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=

2

Bewertungszahlsumme B₁=

2

Einschätzung/Beurteilung:

Der Boden ist in die Bodenklasse **I a** einzuordnen, die Korrosionsbelastung ist **sehr niedrig** (B₀= **2**)

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= **2**)

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

Aichach
Ort

05.02.2025
Datum

R. Flötzer
Sachbearbeiter

ConSoGeol
GmbH & Co. KG

Bewertung stahlkorrossiver Eigenschaften gemäß DIN 50929

Für die Bodenprobe HEA Co (Standort HEA, Labornummer 24-159175-01) wird die Korrosionsbelastung als **niedrig** eingestuft (Bodenklasse I b, $B_0 = -1$).

Die Analysen und Beurteilungen für die bei Stahl-Ramppfosten 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 Bodenproben HEB Co und HEC Co (Standort HEB und HEC, Labornummer 24-159175-02 und -03) wird die Korrosionsbelastung als **sehr niedrig** eingestuft (Bodenklasse I a, $B_0 = 1$ bzw. 2).

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

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

Damit sind normalerweise keine besonderen Vorkehrungen gegen korrosive Bedingungen erforderlich. Es wäre jedoch ratsam mit dem Stahlhersteller diese Werte zu besprechen.

Lediglich im Fall der flächenhaften Verletzung der Korrosionsschutzschicht 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 Korrosionsschutzschicht 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 galvanisch korrosionsgeschützten Stahl und anderen Metallen im Boden. Dies ist besonders für Kupferteile wichtig! Jeder derartige Kontakt erhöht die Korrosivität gegenüber dem galvanisch korrosionsgeschützten 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 (Galvanischer Korrosionsschutz und Stahl) wird bis zur Auflösung korrodieren.

Anlage 4.3 Analyse hinsichtlich Betonaggressivität nach DIN 4030

HEA Co:

Anhang C

Prüfungen und Beurteilung von Böden

DIN 4030-2:2008-06


Prüfbericht		Probenahme und Bodenanalyse nach DIN 4030 Teil 2	
über die Prüfung und Beurteilung von betonangreifendem Boden			
1. Allgemeine Angaben			
Auftraggeber:	Pfalzwerke AG	Auftrags-Nr.:	CMU-03528-24
Bauvorhaben:	Höheinöd 24691-9	Probe-Nr.:	24-159175-01
Art des Bodens:		Bezeichnung des Bodens:	
Entnahmestellen:	HEA Co	Entnahmetiefe:	
Entnahmezeit:		Entnahmemenge:	
		Entnahmedatum:	25.11.2024
2. Erweiterte Angaben			
Beschreibung der Geländeverhältnisse am Entnahmeort: Ackerfläche			
Ort, Datum:		Probennehmer: R. Flötzer	
Probeneingang		Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030 Teil 1	
Bestandteil	Prüfergebnis	schwach angreifend	stark angreifend
Säuregrad nach Baumann-Gully	225 ml/kg	> 200	-
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	320 mg/kg	2000 bis 5000	> 5000
Sulfid (S ²⁻)	<1 mg/kg	- a)	-
Chlorid	<25 mg/kg	-	-
a) Bei Sulfidgehalten von > 100 mg S ²⁻ /kg Boden ist eine gesonderte Beurteilung durch einen Fachmann erforderlich.			
3. Beurteilung			
Der Boden gilt als schwach betonangreifend.			
Aichach	05.02.2025	R. Flötzer	
Ort	Datum	Sachbearbeiter	

HEB Co:

Anhang C

Prüfungen und Beurteilung von Böden

DIN 4030-2:2008-06


Prüfbericht		Probenahme und Bodenanalyse nach DIN 4030 Teil 2	
über die Prüfung und Beurteilung von betonangreifendem Boden			
1. Allgemeine Angaben			
Auftraggeber:	Pfalzwerke AG	Auftrags-Nr.:	CMU-03528-24
Bauvorhaben:	Höheinöd 24691-9	Probe-Nr.:	24-159175-02
Art des Bodens:		Bezeichnung des Bodens:	
Entnahmestellen:	HEB Co	Entnahmetiefe:	
Entnahmezeit:		Entnahmemenge:	
		Entnahmedatum:	25.11.2024
2. Erweiterte Angaben			
Beschreibung der Geländeverhältnisse am Entnahmeort: Ackerfläche			
Ort, Datum:		Probennehmer: R. Flötzer	
Probeneingang		Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030 Teil 1	
Bestandteil	Prüfergebnis	schwach angreifend	stark angreifend
Säuregrad nach Baumann-Gully	136 ml/kg	> 200	-
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	340 mg/kg	2000 bis 5000	> 5000
Sulfid (S ²⁻)	<1 mg/kg	- a)	-
Chlorid	<25 mg/kg	-	-
a) Bei Sulfidgehalten von > 100 mg S ²⁻ /kg Boden ist eine gesonderte Beurteilung durch einen Fachmann erforderlich.			
3. Beurteilung			
Der Boden gilt als nicht betonangreifend.			
Aichach	05.02.2025	R. Flötzer	
Ort	Datum	Sachbearbeiter	

HEC Co:

Anhang C

Prüfungen und Beurteilung von Böden

DIN 4030-2:2008-06

Prüfbericht		Probenahme und Bodenanalyse nach DIN 4030 Teil 2	
über die Prüfung und Beurteilung von betonangreifendem Boden			
1. Allgemeine Angaben			
Auftraggeber:	Pfalzwerke AG	Auftrags-Nr.:	CMU-03528-24
Bauvorhaben:	Höheinöd 24691-9	Probe-Nr.:	24-159175-03
Art des Bodens:		Bezeichnung des Bodens:	
Entnahmestellen:	HEC Co	Entnahmetiefe:	
Entnahmezeit:		Entnahmemenge:	
		Entnahmedatum:	25.11.2024
2. Erweiterte Angaben			
Beschreibung der Geländeverhältnisse am Entnahmeort: Ackerfläche			
Ort, Datum:		Probennehmer: R. Flötzer	
Probeneingang		Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030 Teil 1	
Bestandteil	Prüfergebnis	schwach angreifend	stark angreifend
Säuregrad nach Baumann-Gully	114 ml/kg	> 200	-
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	220 mg/kg	2000 bis 5000	> 5000
Sulfid (S ²⁻)	<1 mg/kg	- a)	-
Chlorid	<25 mg/kg	-	-
a) Bei Sulfidgehalten von > 100 mg S ²⁻ /kg Boden ist eine gesonderte Beurteilung durch einen Fachmann erforderlich.			
3. Beurteilung			
Der Boden gilt als nicht betonangreifend.			
Aichach	05.02.2025	R. Flötzer	
Ort	Datum	Sachbearbeiter	

Anlage 5 Ermittlung der erforderlichen Rammtiefen

Kann durchgeführt werden sobald die Auflagerlasten des Gestellbauers vorliegen.

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

Erst wenn die Werte:

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

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

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

Haftungsausschluss!

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