



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22

Ingenieurgeologisches Gutachten

Projekt-Nr.: P23-1084

Projekt: Unterheimbach / Kreuzle, Windpark
- Errichtung von einer Windkraftanlage -
Erkundung der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten

Auftraggeber: Bürgerwindpark Hohenlohe GmbH
Braunsbergweg 5
74676 Niedernhall

Lage: TK 25, 6822 Obersulm
WEA 1:
mittlerer Rechtswert: 3535.345
mittlerer Hochwert: 5442.944

Bearbeiter: Christoph Franken, M. Sc. Geow.

Heidelberg, 10. Oktober 2024



Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Lagebeschreibung und geologische Situation	8
3.	Baugrunduntersuchungen	10
4.	Baugrundbeschreibung	14
5.	Hydrogeologische Situation.....	20
6.	Bodenmechanische Kenngrößen	28
7.	Baugrundbeurteilung mit Gründungsvorschlag	32
8.	Erdbautechnische Hinweise	39
9.	Anmerkungen.....	44

Anlagen

Nr. 1	1.1	Geographische Lage des Untersuchungsgebietes
	1.2	Lagepläne der Baugrunduntersuchungen
Nr. 2		Schichtenverzeichnisse nach DIN 4023
Nr. 3		Schichtenprofile nach DIN 4023
Nr. 4		Rammprofile
Nr. 5		Setzungsberechnung
Nr. 6		Bodenmechanische Laborversuche



1. Einleitung

1.1. Veranlassung

Die Bürgerwindpark Hohenlohe GmbH plant für den Windpark Unterheimbach / Kreuzle den Neubau einer Windenergieanlage (WEA 1). Die Windenergieanlage WEA 1 befindet sich innerhalb forstwirtschaftlich genutzter Flächen. Nach den uns vorliegenden Planungsunterlagen ist an diesem Standort der Anlagentyp Nordex N 175, 6.x MW TCS 179 vorgesehen, der eine Nabenhöhe von 179 m aufweist.

Unser Büro (Töniges GmbH) wurde durch die Bürgerwindpark Hohenlohe GmbH beauftragt, für die geplante Windenergieanlage WEA 1 die geologische und hydrogeologische Situation zu erkunden und ein Baugrundgutachten zu erstellen.

1.2 Unterlagen

Zur Erstellung des vorliegenden Gutachtens wurden folgende Unterlagen ausgewertet und verwendet:

Tabelle 1: Zur Erstellung des Berichts verwendete Unterlagen

Nummer	Bezeichnung	Quelle
[1]	Allgemeine Dokumentation Fundamente Nordex N175 / 6. X	Nordex Energy SE & Co. KG
[2]	Übersichtslageplan WEA 1, Maßstab 1 : 2.000	Bürgerwindpark Hohenlohe GmbH
[3]	Übersichtslageplan WEA 1, Maßstab 1 : 5.000	Bürgerwindpark Hohenlohe GmbH
[4]	Detaillageplan WEA 1, Maßstab 1 : 500	Bürgerwindpark Hohenlohe GmbH
[5]	Schnitt A-A, Maßstab 1 : 200	Bürgerwindpark Hohenlohe GmbH
[6]	Schnitt B-B, Maßstab 1 : 200	Bürgerwindpark Hohenlohe GmbH
[7]	Schnitt C-C, Maßstab 1 : 200	Bürgerwindpark Hohenlohe GmbH

1.3 Ausführung der Baumaßnahme

1.3.1 Fundament WEA 1

Nach den uns vorliegenden Planungsunterlagen ist am Standort der Windenergieanlage WEA 1 der Anlagentyp Nordex N 175 TCS 179 vorgesehen, der eine Nabenhöhe von 179 m aufweist. Gemäß [1] weist das Fundament einen Außendurchmesser (d_s) von $d_s = 29,10$ m auf (vgl. Abb. 1).

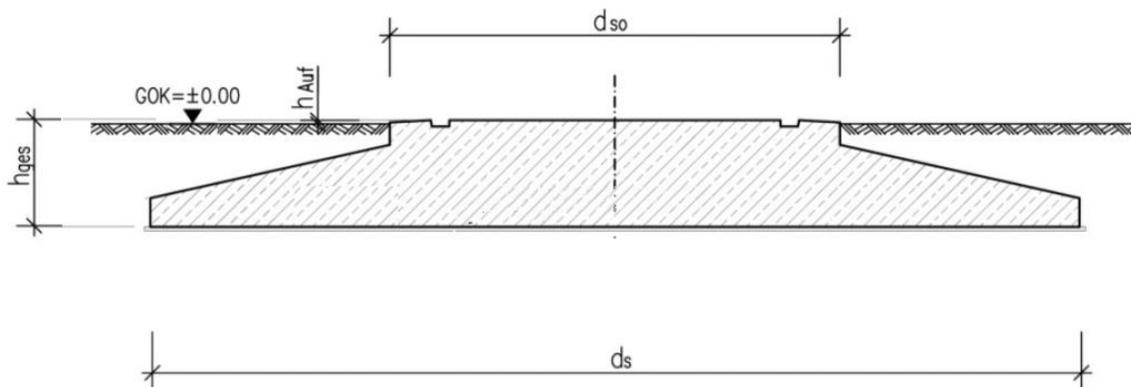


Abb. 1: Schemazeichnung Fundament WEA 1

Die Gesamthöhe (h_{ges}) wird für das Fundament mit 2,90 m angegeben. Nach den uns vorliegenden Schnittzeichnungen [5] – [7] ist die Fundamentoberkante auf einem Niveau von 440,00 m ü. NN vorgesehen (vgl. Abb. 2).

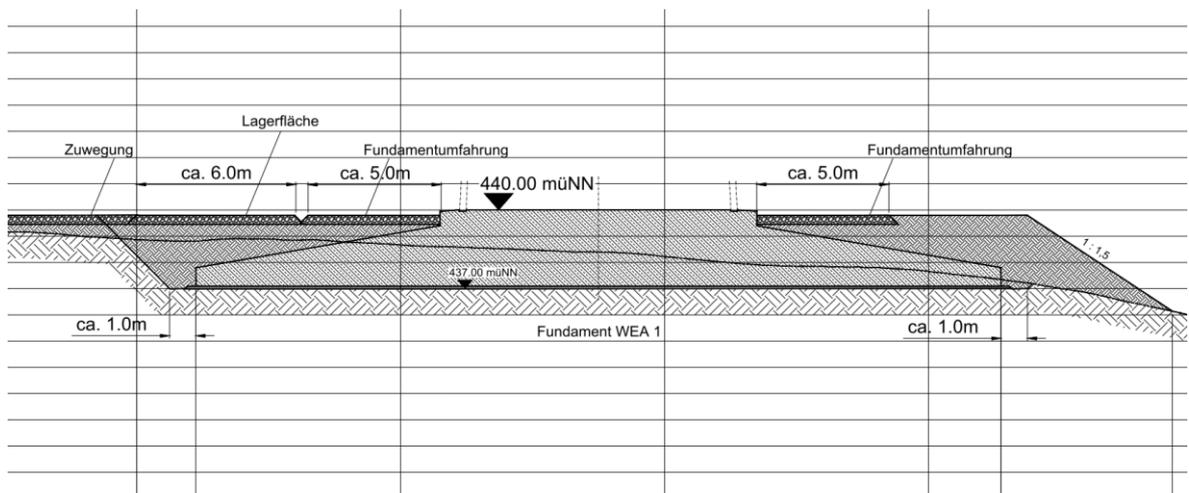


Abb. 2: Fundamentaüsührung WEA 1

Für die Fundamentunterkante resultiert demnach eine Höhenlage von 437,00 m ü. NN.

Für den Nachweis der statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeiten ist nach dem vorliegenden Fundamentdatenblatt [1] von folgenden Lastansätzen auszugehen (vgl. Abb. 3).

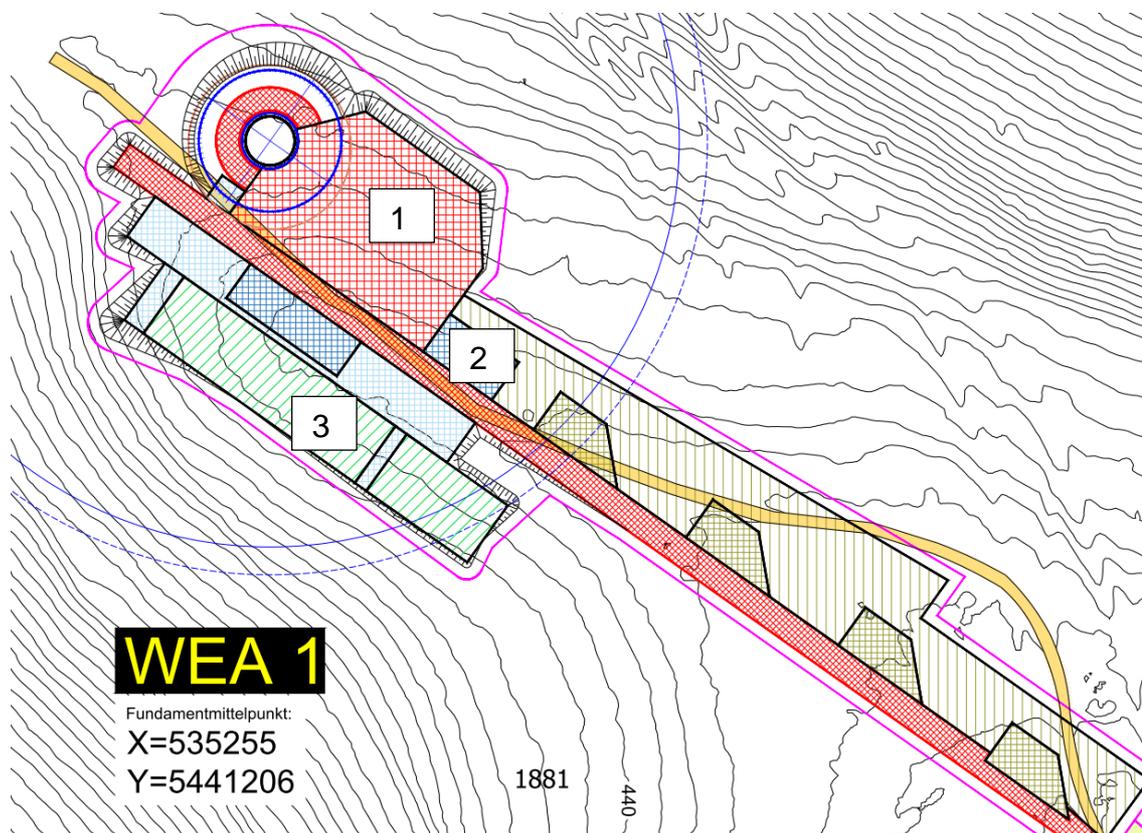
	M_{xy} [kNm]	F_{xy} [kN]	F_z [kN]
Extr fact	326082,5	1887,6	-27230,1
Extr unfact	332558	1837,2	-19678,1
Frequent	192214,1	1218,1	-19717,3
Quasi-perm	172345,9	1071	-19678,7

Abb. 3: charakteristische Lastfälle WEA 1

Der anstehende Baugrund muss bei diesem Fundamenttypen für den Lastfall BS-P eine maximal zulässige Bodenpressung von $\sigma_{\max} = 250 \text{ kN/m}^2$ aufnehmen können [1]. Ferner ist eine statische Drehfederkonstante von $k_{\phi_{\text{stat}}} \geq 52.000 \text{ MNm/rad}$ sowie eine dynamische Drehfederkonstante von $k_{\phi_{\text{dyn}}} \geq 260.000 \text{ MNm/rad}$ nachzuweisen.

1.3.3 Ausbildung von Kranstell- und Funktionsflächen WEA 1

Zusätzlich zu dem herzustellenden Kreisfundament wird am Standort der Windenergieanlage WEA 1 die Ausbildung von Kranstellflächen und weiteren Funktionsflächen erforderlich. Die Dimension dieser Flächen für die geplante Windenergieanlage WEA 1 kann der folgenden Tabelle und Abbildung entnommen werden:



Nummer	Name	Fläche [m ²]
1	Kranstellfläche	1.617
2	Vormontagefläche	433
3	Blattlagerfläche	1.260

Abb. 4: Lage und Dimension Kranstell- und Funktionsfläche WEA 1

Bei der Kranstellfläche handelt es sich um eine dauerhaft herzustellende Fläche während die Vormontagefläche und Blattlagerfläche im Anschluss an die Baumaßnahme wieder rückgebaut wird.

Nach den uns vorliegenden Planungsunterlagen ist die Oberkante der Kranstellfläche auf einem Niveau von 439,80 m ü. NN vorgesehen (vgl. Abb. 5).

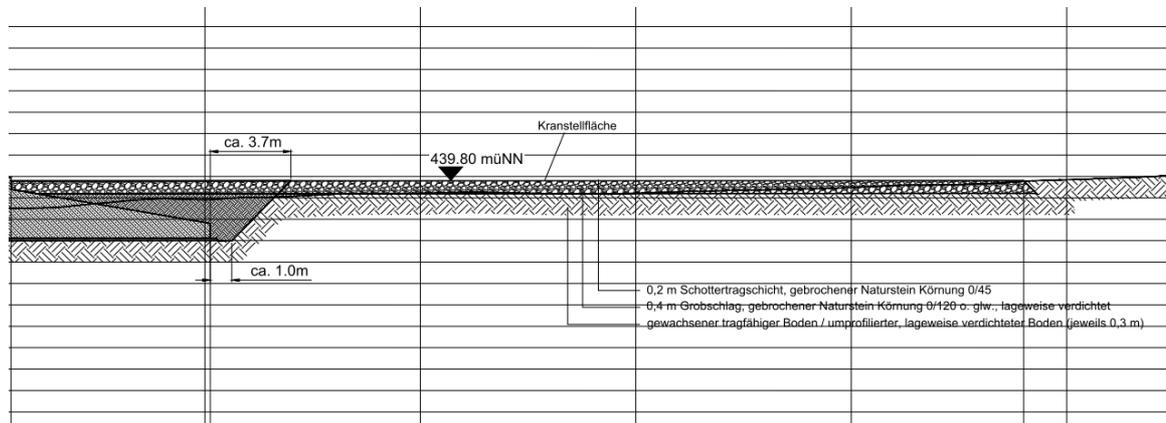


Abb. 5: Schemazeichnung Kranstell- und Funktionsfläche WEA 1

Unter Berücksichtigung der topographischen Gegebenheiten im Bereich des geplanten Standortes der Windenergieanlage WEA 1 wird für die Ausbildung der Funktionsflächen die Herstellung eines Geländeneiveausgleiches erforderlich. Hierbei ist vorgesehen, dass hangseitig anfallende Bodenmaterial abzutragen und talseitig wieder einzubauen. Der herzustellende Geländeneiveausgleich weist im Auftragsbereich lokal eine maximale Mächtigkeit von ca. 2,0 m auf.



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22

2. Lagebeschreibung und geologische Situation

2.1. Lagebeschreibung

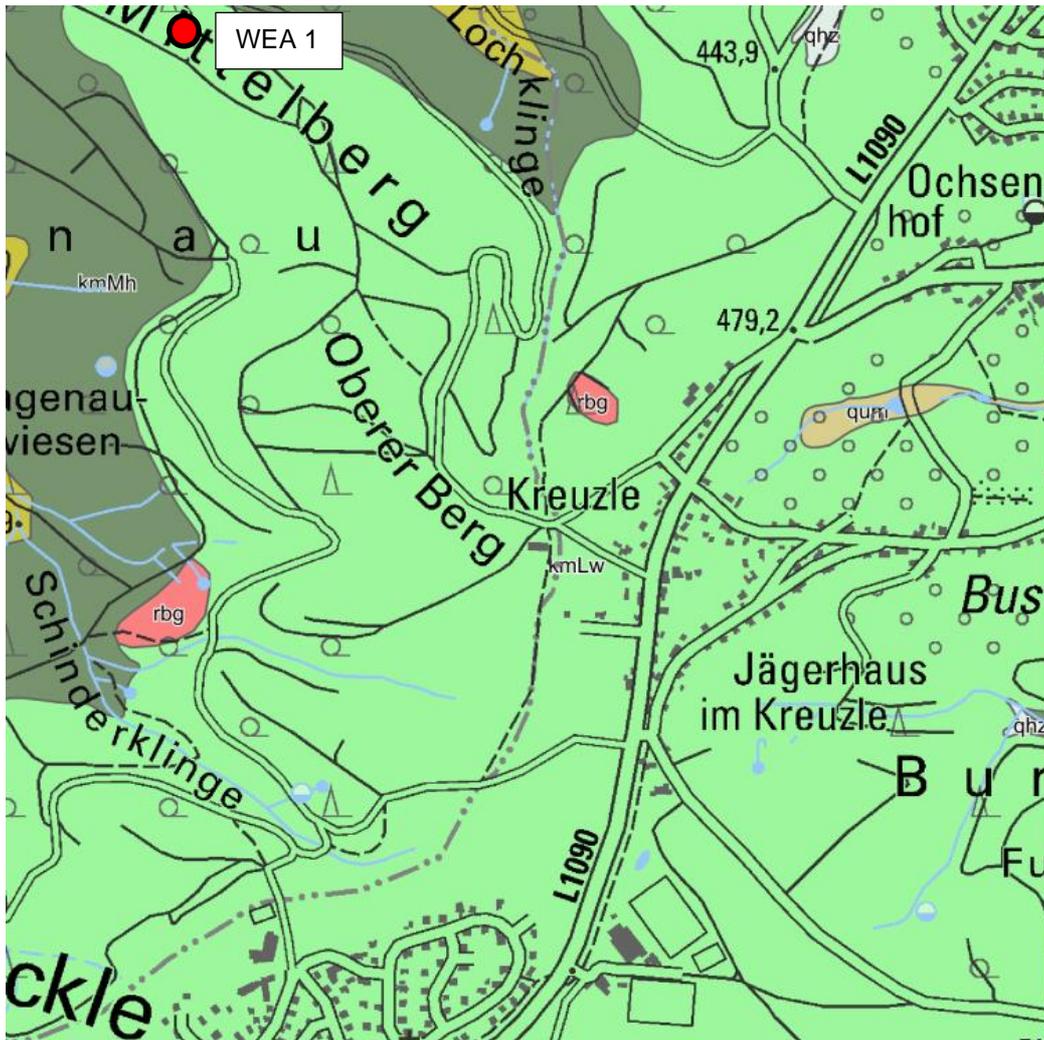
Der geplante Standort für die Windenergieanlage WEA 1 befindet sich ca. 2,3 km südöstlich von Unterheimbach bzw. 4,5 km nordöstlich von Wüstenrot innerhalb von forstwirtschaftlich genutzten Flächen. Der Standort der Windenergieanlage WEA 1 liegt auf einem Höhenrücken, wobei das Gelände nach Osten und Westen abfällt. Nach den Ergebnissen der durchgeführten Vermessungsarbeiten weist das gegenwärtige Gelände im Bereich des geplanten Fundamentes eine Höhendifferenz von etwa 1,9 m auf. Im Bereich der geplanten Kranstell- und Funktionsflächen liegt gegenwärtig eine Höhendifferenz von etwa 2,2 m vor.

2.2 Geologische Situation

Im Bereich der geplanten Windenergieanlage WEA 1 wird der Festgesteinsuntergrund durch die „Löwenstein-Formation“ (ehem. Stubensandstein) gebildet (vgl. Abb. 6).



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22



- Verwitterungs-/Umlagerungsbildung (qum)
- Rutschungsbildung (rbg)
- Holozäne Abschwemmassen (qhz)
- Auenlehm (Lf)
- Löwenstein-Formation (Stubensandstein) (kmLw)
- Mainhardt-Formation (Obere Bunte Mergel) (kmMh)
- Hassberge-Formation (Kieselsandstein) (kmHb)
- Steigerwald-Formation (Untere Bunte Mergel) (kmSw)

Abb. 6: Geologische Gegebenheiten WEA 1



Das Festgestein der „Löwenstein-Formation“ besteht aus fein- bis grobkörnigen Sandsteinen sowie zwischengeschalteten Ton- und Tonmergelsteinen. Erfahrungsgemäß kann das Festgestein der „Löwenstein-Formation“ mitunter tiefgründig verwittert sein. Das Festgestein der „Löwenstein-Formation“ wurde im Zuge der abgeteuften Kleinrammbohrungen erreicht. Weiterhin wurden die überlagernden Verwitterungsböden und Verwitterungslehme sowie Decklehme und Decksand angetroffen.

3. Baugrunduntersuchungen

3.1 Aufschlussbeschreibung

3.1.1 Kleinrammbohrungen

Am 24.07. und 25.07.2024 wurden am Standort der Windenergieanlage WEA 1 insgesamt sechs Kleinrammbohrungen (RKS) gemäß DIN 4021:1990-10 mit Endteufen bis max. 1,6 m unter Geländeoberkante (GOK) abgeteuft. Hierbei befinden sich die Kleinrammbohrungen RKS 1 bis RKS 4 im Bereich des geplanten Fundamentes. Die Kleinrammbohrungen RKS 5 und RKS 6 sind im Bereich der Kranstell- und Funktionsflächen lokalisiert. Zusätzlich wurden im Bereich der geplanten Zuwegung innerhalb der bestehenden Forstwirtschaftswege sowie der neu herzustellenden Trassenabschnitte insgesamt zwei Rammkernsondierungen (RKS ZW 1 + RKS ZW 2) niedergebracht. Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Bezeichnung der einzelnen Kleinrammbohrungen sowie deren Lage im Bereich des Standortes der Windenergieanlage WEA 1.

Bezeichnung	Lage am Standort
RKS 1	Fundament Hochpunkt
RKS 2	Fundament Außenkante
RKS 3	Fundament Tiefpunkt
RKS 4	Fundament Außenkante
RKS 5	Kranstellfläche
RKS 6	Blattlagerfläche
RKS ZW 1	Zuwegung Neubau



RKS ZW 2	Forstwirtschaftsweg Bestand
----------	-----------------------------

Bei sämtlichen Kleinrammbohrungen wurde aus jeder Bodenschicht eine gestörte Probe entnommen, luftdicht verpackt und für Laborversuche vorgehalten.

3.1.2 Rammsondierung

Um die Lagerungsdichten der anstehenden Böden zu ermitteln, wurden am Standort der Windenergieanlage WEA 1 insgesamt drei Rammsondierungen (DPH) mit der „Schweren Rammsonde“ gemäß DIN EN ISO 22476-2:2005-04 bis max. 2,0 m unter GOK niedergebracht. Hierbei befindet sich eine Rammsondierung im Mittelpunkt des Kreisfundamentes und zwei weitere innerhalb der Kranstellfläche. Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Bezeichnung der Rammsondierung und deren Lage am Standort der Windenergieanlage WEA 1.

Bezeichnung	Lage am Standort
DPH 1	Zentralbereich Fundament
DPH 2	Kranstellfläche
DPH 3	Kranstellfläche

3.2 **Darstellung der Baugrund- und Rammprofile**

Die Bodenproben wurden nach DIN 4022 laboranalytisch angesprochen und in Schichtenverzeichnissen (Anlage Nr. 2) eingetragen sowie nach DIN 4023 in Schichtenprofilen (Anlage Nr. 3) zeichnerisch dargestellt.

Die Schlagzahlen der Rammsondierungen wurden pro 0,10 m Eindringtiefe protokolliert und in einem Diagramm dargestellt (Anlage Nr. 4).



3.3 Durchgeführte Vermessungsarbeiten

Die Bohr- und Sondieransatzpunkte wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Als Höhenbezugspunkt diente der mit Rechts- und Hochwert festgelegte Mittelpunkt des Kreisfundamentes. Nach den uns durch den Vermesser mitgeteilten Informationen weist die Geländeoberkante am ausgepflochten Mittelpunkt der Windenergieanlage WEA 1 folgende Höhe auf:

GOK Mittelpunkt WEA 1: 438,24 m ü. NN

Danach ergeben sich am Standort der WEA 1 für die Bohr- und Sondieransatzpunkte sowie die jeweiligen Endteufen folgende Höhen in [m ü. NN]:

Bezeichnung	Ansatzpunkt [m ü. NN]	Endteufe [m ü. NN]
RKS 1	438,94	437,74
RKS 2	437,92	437,02
RKS 3	437,01	436,41
RKS 4	438,16	436,56
RKS 5	438,38	437,18
RKS 6	440,38	438,88
DPH 1	438,24	437,27
DPH 2	437,37	436,07
DPH 3	439,29	437,29



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22

3.4 Grundwasserstandsmessungen

Während der Durchführung der Bohrungen wurden keine Wasserzutritte zu den Bohrlöchern registriert. Im Anschluss an die Bohrarbeiten wurden keine Wasserspiegel innerhalb der Bohröffnungen gemessen (siehe Kapitel 5).

Im Zuge der Inaugenscheinnahme des Probenmaterials durch den Gutachter wurden bereichsweise feuchte Bodenpartien sowie indirekte Anzeiger für temporär vorhandenes Stau-, Schicht- und Sickerwasser festgestellt.

3.5 Bodenmechanische Laborversuche

Im Hinblick auf eine Verwendung des zu erwartenden Aushubmaterials für die Fundamentüberdeckung sowie für den geplanten Geländeniveaueausgleich wurde ein Proctorversuch nach DIN 18127 durchgeführt. Zusätzlich wurden Wassergehaltsbestimmungen gemäß DIN 18121 vorgenommen.



4. Baugrundbeschreibung

4.1. Bodenarten Bereich Fundament, Kranstellfläche und Zuwegung

Die Kleinrammbohrungen wurden alle im Bereich forstwirtschaftlich genutzter Flächen durchgeführt. Im Folgenden werden die vorkommenden Bodenschichten nur allgemein beschrieben. Detaillierte Daten können den Schichtenverzeichnissen (Anlage Nr. 2) und den Schichtenprofilen (Anlage Nr. 3) entnommen werden. Die im Zuge der Baugrunderkundung angetroffenen geologischen Gegebenheiten werden separat für die einzelnen angetroffenen Bodenschichten dargestellt. Die Darstellung erfolgt hierbei differenziert für das Fundament sowie die Kranstell- und Funktionsflächen am Standort der Windenergieanlage WEA 1.

4.1.1 Fundament WEA 1

Im Bereich des Fundamentes der WEA 1 wurden die Kleinrammbohrungen RKS 1 bis RKS 4 abgeteuft. Die hierbei angetroffenen geologischen Gegebenheiten werden nachfolgend dargestellt.

Waldboden

Als oberste Schicht wurde in sämtlichen Kleinrammbohrungen ein ca. 0,1 – 0,4 m mächtiger Waldboden angetroffen. Hierbei handelt es sich um schluffigen Sand mit organischen Beimengungen. Der dunkelbraun gefärbte Waldboden weist eine lockere Lagerung auf.

Decksande

Im Bereich der Kleinrammbohrung RKS 1 wurden bis zu einer Tiefe von etwa 0,5 m u. GOK braun gefärbte Decksande aufgeschlossen. Die Decksande setzen sich aus schwach schluffigem bis schluffigem Sand zusammen und wurden mit einer lockeren bis mitteldichten Lagerung festgestellt.



Decklehme

Innerhalb der Kleinrammbohrung RKS 2 wurden bis zu einer Tiefe von 0,5 m u. GOK braun gefärbte Decklehme erbohrt. Die Decklehme bestehen aus tonigem und feinsandigem bis mittelsandigem Schluff und weisen eine halb feste Konsistenz bei leichter Plastizität auf.

Verwitterungslehme

Im Bereich der Kleinrammbohrung RKS 4 wurden bis zu einer Tiefe von 0,9 m u. GOK braungrau gefärbte Verwitterungslehme angetroffen. Die Verwitterungslehme setzen sich aus schwach kiesigem, tonigem und stark sandigem Schluff zusammen. Die kiesigen Komponenten werden hierbei durch Sandsteinbruchstücke gebildet. Die Verwitterungslehme weisen eine halb feste Konsistenz bei leichter Plastizität auf.

Verwitterungsböden

Als unterste Schicht wurden bis zur aufgeschlossenen Endteufe in max. 1,6 m u. GOK grau gefärbte Verwitterungsböden erbohrt. Die Verwitterungsböden bestehen überwiegend aus schwach tonigem, schwach schluffigem bis schluffigem, sandigem bis stark sandigem und steinigem Kies. Vereinzelt setzen sich die Verwitterungsböden aus schwach kiesigem, tonigem und schluffigem Sand zusammen. Die kiesigen und steinigen Komponenten werden durch Sandsteinbruchstücke gebildet. Die Verwitterungsböden wurden mit einer mitteldichten bis dichten Lagerung angetroffen.

Mit der angewandten Bohrtechnik war kein tieferes Eindringen aufgrund der festgestellten Lagerungsdichte möglich. Seitens des Gutachters wird davon ausgegangen, dass ab der Endteufe mit dem anstehenden Festgestein der „Löwenstein-Formation“ zu rechnen ist.



4.1.2 Kranstell- und Funktionsfläche WEA 1

Im Bereich der Kranstellfläche sowie der Funktionsflächen der WEA 1 wurden die Kleinrammbohrungen RKS 5 und RKS 6 niedergebracht. Die hierbei angetroffenen geologischen Gegebenheiten werden nachfolgend dargestellt.

Waldboden

Als oberste Schicht wurde ein ca. 0,4 – 0,5 m mächtiger Waldboden angetroffen. Hierbei handelt es sich um schluffigen Sand mit organischen Beimengungen. Der dunkelbraun gefärbte Waldboden ist locker gelagert.

Verwitterungslehme

Unterlagert wird der Waldboden bis zu einer Tiefe von ungefähr 0,7 – 1,4 m u. GOK von braun bis rotbraun gefärbten Verwitterungslehmen. Die Verwitterungslehme bestehen überwiegend aus schwach kiesigem bis kiesigem, tonigem und feinsandigem bis mittelsandigem Schluff. Bereichsweise setzen sich die Verwitterungslehme aus schwach kiesigem, feinsandigem und stark schluffigem Ton zusammen. Die kiesigen Komponenten werden durch Sandsteinbruchstücke gebildet. Die Verwitterungslehme weisen eine halbfeste Konsistenz bei leichter Plastizität auf.

Verwitterungsböden

Als unterste Schicht wurden bis zur aufgeschlossenen Endteufe in max. 1,5 m u. GOK grau bis graurot gefärbte Verwitterungsböden erbohrt. Die Verwitterungsböden setzen sich aus schwach schluffigem bis schluffigem, tonigem, sandigem und steinigem Kies zusammen. Die kiesigen und steinigen Komponenten werden hierbei durch Sandsteinbruchstücke gebildet. Die Verwitterungsböden wurden mit einer mitteldichten bis dichten Lagerung festgestellt. Mit der angewandten Bohrtechnik war kein tieferes Eindringen aufgrund der festgestellten Lagerungsdichte möglich. Seitens des Gutachters wird davon ausgegangen, dass ab der Endteufe mit dem anstehenden Festgestein der „Löwenstein-Formation“ zu rechnen ist.



4.1.3 Zuwegung WEA 1

Im Bereich der geplanten Zuwegung der WEA 1 wurden die Kleinrammbohrungen RKS ZW 1 und RKS ZW 2 niedergebracht. Hierbei befindet sich die Kleinrammbohrung RKS ZW 1 im Bereich der neu herzustellenden Zuwegung. Die Kleinrammbohrung RKS ZW 2 ist innerhalb des bestehenden Forstwirtschaftsweges lokalisiert. Die hierbei angetroffenen geologischen Gegebenheiten werden nachfolgend dargestellt.

Waldboden

Im Bereich der Kleinrammbohrung RKS ZW 1 wurde als oberste Schicht ein ca. 0,2 m mächtiger Waldboden angetroffen. Hierbei handelt es sich um schwach tonigen und schluffigen Sand mit organischen Beimengungen. Der dunkelbraun gefärbte Waldboden ist locker gelagert.

Oberflächenbefestigung

Innerhalb der Kleinrammbohrung RKS ZW 2 wurde als oberstes die 0,10 m mächtige Oberflächenbefestigung aus Schottermaterial des bestehenden Forstwirtschaftsweges angetroffen. Diese besteht aus schluffigem, sandigem und steinigem Kies. Die kiesigen Komponenten werden durch Kalksteinbruchstücke gebildet.

Decksande

Unterhalb des Waldbodens bzw. der Oberflächenbefestigung stehen bis zu einer Tiefe von ungefähr 1,0 – 1,2 m u. GOK braun bis graubraun gefärbte Decksande an. Die Decksande setzen sich aus schwach schluffigem bis schluffigem Sand zusammen und sind mitteldicht gelagert.



Verwitterungslehme

Innerhalb der Kleinrammbohrung RKS ZW 2 wurden bis zu einer Tiefe von 1,6 m u. GOK rot gefärbte Verwitterungslehme angetroffen. Die Verwitterungslehme sind ca. 0,6 m mächtig und bestehen aus schwach kiesigem und schluffigem Ton. Die kiesigen Komponenten werden durch Tonmergelsteinbruchstück gebildet. Die Verwitterungslehme weisen eine halbfeste Konsistenz bei leichter Plastizität auf.

Verwitterungsböden

Als unterste Schicht wurden bis zur aufgeschlossenen Endteufe in max. 3,2 m u. GOK graubraun bis graurot gefärbte Verwitterungsböden erbohrt. Die Verwitterungsböden setzen sich aus tonigem, schluffigem und sandigem Kies zusammen. Die kiesigen Komponenten werden durch Sandstein- und Tonmergelsteinbruchstücke gebildet. Die Verwitterungsböden wurden mit einer mitteldichten bis dichten Lagerung festgestellt.

4.2 Schichtoberkanten Bereich Fundamente und Kranstellflächen

Für die jeweiligen **Schichtoberkanten** werden folgende Höhen in [m ü. NN] und in Klammern die Schichtmächtigkeiten in [m] angegeben. Die Darstellung erfolgt hierbei differenziert für das Fundament sowie die Kranstell- und Funktionsfläche.

4.2.1 Fundament WEA 1

	RKS 1	RKS 2	RKS 3	RKS 4
Waldboden	438,94 (0,10)	437,92 (0,30)	437,01 (0,20)	438,16 (0,40)
Decksande	438,84 (0,40)	--	--	--
Decklehme	--	437,62 (0,20)	--	--
Verwitterungslehm	--	--	--	437,76 (0,50)
Verwitterungsboden	438,44 (0,70)	437,42 (0,40)	436,81 (0,40)	437,26 80,70)
Endteufe	437,74 (1,20)	437,02 (0,90)	436,41 (0,60)	436,56 (1,60)



4.2.2 Kranstell- und Funktionsfläche WEA 1

	RKS 5	RKS 6
Waldboden	438,38 (0,50)	440,38 (0,40)
Verwitterungslehm	437,88 (0,20)	439,98 (1,00)
Verwitterungsboden	437,68 (0,50)	438,98 (0,10)
Endteufe	437,18 (1,20)	438,88 (1,50)

4.3 **Ergebnisse der Rammsondierungen**

Um die Lagerungsdichten der anstehenden Böden zu ermitteln, wurden am Standort der Windenergieanlage WEA 1 drei Rammsondierungen (DPH) mit der „Schweren Rammsonde“ gemäß DIN EN ISO 22476-2:2005-04 bis max. 2,0 m unter GOK niedergebracht. Hierbei befindet sich die Rammsondierung DPH 1 im Mittelpunkt des Kreisfundamentes. Die Rammsondierungen DPH 2 und DPH 3 sind innerhalb der Kranstellfläche lokalisiert. Im Zuge der Rammsondierungen wurden die Schlagzahlen pro 10 cm Eindringtiefe ermittelt.

Nachfolgende Tabelle zeigt die innerhalb der einzelnen Bodenschichten ange-troffenen Schlagzahlbereiche.

Bodenschicht	Schlagzahl / 10 cm Eindringtiefe
Decksande	1 - 3
Decklehme	1 - 3
Verwitterungslehme	5 - 10
Verwitterungsböden	14 - 42
Angew. Festgestein „Löwenstein-Formation“	>100



Die erhaltenen Schlagzahlen pro 10 cm Eindringtiefe spiegeln den geologischen Schichtverlauf am Standort der Windenergieanlage WEA 1 wider. Die Schlagzahlen sind somit als charakteristisch für die anstehenden Böden zu sehen. Mit Erreichen des Abbruchkriteriums von > 100 Schläge / 10 cm Eindringtiefe wird seitens der Gutachter davon ausgegangen, dass in diesem Tiefenbereich mit dem anstehenden Festgestein der „Löwenstein-Formation“ zu rechnen ist.

5. Hydrogeologische Situation

5.1. Internetdaten der LUBW

Auf der Internetseite der LUBW (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg) konnten folgende Daten für das Untersuchungsgebiet abgefragt werden:

5.1.1 Hochwasserrisikomanagement

Nach den am 09.10.2024 im Internet verfügbaren Daten der LUBW (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg) werden für den Standort der Windenergieanlage WEA 1 folgende Daten bezüglich des Hochwasserrisikomanagements veröffentlicht:

Hochwasser	Überflutungstiefe [m]	Wasserspiegel [m ü. NN]
HQ ₁₀	--	--
HQ ₅₀	--	--
HQ ₁₀₀	--	--
HQ _{extrem}	--	--

5.1.2 Wasserschutzgebiet

Nach den am 09.10.2024 im Internet verfügbaren Daten liegt der Standort der Windenergieanlage WEA 1 **außerhalb** von festgesetzten Trinkwasserschutz-zonen.



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22

5.2 Gemessene Wasserstände

Während der Bohrarbeiten wurde in den Aufschlussbohrungen kein Wasserandrang zu den Bohröffnungen festgestellt. Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurden in den Bohrlöchern keine Wasserspiegel gemessen. Im Zuge der Inaugenscheinnahme des Probenmaterials durch den Gutachter wurden bereichsweise feuchte Bodenpartien festgestellt, die auf jahreszeitlich bedingtes Schicht-, Stau- und Sickerwasser hinweisen.

Die hydrogeologischen Gegebenheiten werden im Fundamentbereich der geplanten Windenergieanlage WEA 1 durch die „Löwenstein-Formation“ geprägt, die dem „oberen Mittelkeuper“ zugeordnet wird. „Die Löwenstein-Formation“ ist wegen des wiederholten Wechsels von Tonsteinen und Sandsteinen in mehrere Teilstockwerke untergliedert, die hydraulisch unterschiedlich stark miteinander kommunizieren. Im schichtig gegliederten Kluftgrundwasserleiter strömt das Grundwasser bevorzugt im Kluftsystem der Sandsteine.



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22

5.3 Bemessungswasserstand für die Einwirkungsklassen gemäß DIN 18 533

5.3.1 Bemessungsgrundwasserstand (HGW)

Am Standort der Windenergieanlage WEA 1 konnte bis zur jeweiligen Endteufe der Kleinrammbohrungen kein zusammenhängender Grundwasserspiegel ermittelt werden. Wie bereits in Kap. 5.2 dargestellt, ist mit Grundwasserzutritten innerhalb des anstehenden Festgesteines der „Löwenstein-Formation“ zu rechnen.

Unter Berücksichtigung der örtlichen topographischen Gegebenheiten sowie der festgestellten geologischen Verhältnisse ist auch bei einer geplanten Fundamentunterkante auf einem Höhenniveau von 437,00 m ü. NN nicht mit einer Beeinträchtigung durch vorhandenes Grundwasser zu rechnen. Für das Fundament der Windenergieanlage WEA 1 kann somit eine „**Bemessung ohne Auftriebswirkung**“ angesetzt werden. Bedingt durch die festgestellten indirekten Anzeiger für temporär vorhandenes Schicht-, Sicker- und Hangwasser sind die Dränagehinweise zu beachten.

5.3.3 Bemessungshochwasserstand (HHW)

Nach der Hochwassergefährdungskarte gemäß der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg und des Hochwasserrisikomanagements liegt der Standort für die Windenergieanlage WEA 1 außerhalb von Überflutungsflächen.



5.4 Abdichtung von erdberührenden Bauteilen nach DIN 18 533

5.4.1 Wasserdurchlässigkeit des Baugrundes nach DIN 18 533

Zur Bestimmung der Wassereinwirkungsklassen nach DIN 18 533 ist die Durchlässigkeit des Untergrundes anzugeben. Der Untergrund wird nach DIN 18 533 in zwei Klassen eingeteilt:

- Boden stark durchlässig $k_f > 10^{-4}$ m/s
- Boden wenig durchlässig $k_f \leq 10^{-4}$ m/s

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Höhenlage für die Fundamentunterkante wird die unterste Abdichtungsebene am Standort der Windenergieanlage WEA 1 durch das anstehende Festgestein der „Löwenstein-Formation“ gebildet. Dieses weist erfahrungsgemäß hydraulische Durchlässigkeiten von $k_f \leq 10^{-4}$ m/s auf und kann gemäß DIN 18533 als „wenig durchlässig“ charakterisiert werden.



5.4.2 Einwirkungsklasse W 1.2 E: DIN 18533-1:2017-07

Zum Schutz der einbindenden Fundamenteile gegen Sicker-, Stau- und Oberflächenwasser sind die erdberührenden Bereiche in Verbindung mit dem Anlegen einer Dränage nach der Wassereinwirkungsklasse W 1.2 E für Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser auszuführen.

Erdberührende Wände und Bodenplatten sind der W 1.2 E zuzuordnen, wenn bei gering durchlässigem Baugrund durch eine auf **Dauer funktionsfähige Dränung** nach DIN 4095 Stauwasser vermieden wird. Beim Verlegen des Dränagesystems ist auf eine ausreichende Tiefenlage zu achten. Die Oberkante Dränrohr muss allseits unterhalb der Bodenplattenunterkante verlegt werden.

Die Dränrohre sind allseitig mit Dränkies zu ummanteln. Zur Erhaltung der Filterstabilität zwischen Dränkies und natürlichem Boden schlagen wir vor, ein Geotextilvlies einzulegen.

Wir empfehlen, Stangenware (z. B. Fränkische, o. Ä.) zu verwenden, da diese starren Rohre eine ebene Aufstandsfläche haben und somit sauber im Gefälle verlegt werden können. Die Funktionsfähigkeit der Dränage muss dauerhaft gewährleistet sein. Die Dränarbeiten sind nach den Vorgaben der DIN 4095 auszuführen.



5.5 Wiederverwendbarkeit der bindigen Deckschichten

Unter Berücksichtigung der topographischen Gegebenheiten im Bereich des geplanten Standortes der Windenergieanlage WEA 1 wird für die Ausbildung der Kranstellfläche die Herstellung eines Geländeneiveausgleiches erforderlich. Hierbei ist vorgesehen, dass hangseitig anfallende Bodenmaterial abzutragen und talseitig wieder einzubauen. Der herzustellende Geländeneiveausgleich weist im Auftragsbereich eine Mächtigkeit von ca. 2,0 m auf.

Hinsichtlich einer Bewertung, inwiefern das anfallende Aushubmaterial für den geplanten Geländeneiveausgleich verwendet werden kann, wurde ein Proctorversuch durchgeführt sowie Wassergehaltsbestimmungen vorgenommen, deren Ergebnisse nachfolgend beschrieben werden.

5.5.1 Ergebnisse Proctorversuch

Zur Untersuchung der Wiederverwendbarkeit des anfallenden Aushubs wurde eine Mischprobe der Verwitterungsböden und Verwitterungslehme erstellt und die Proctordichte nach DIN 18127 bestimmt (Anlage 4).

Proctorversuch:

Bodenart	natürlicher Wassergehalt	optimaler Wassergehalt	Wassergehalt bei	
			97% Proctor nasser Ast trockener Ast	95% Proctor nasser Ast trockener Ast
Verwitterungsböden / Verwitterungslehm	14,25 %	14,7 %	17,8 % 12,0 %	18,8 % 10,9 %

Nach den vorliegenden Ergebnissen des Proctorversuchs an den Verwitterungsböden und den Verwitterungslehmen wird eine Verdichtung des Aushubmaterials auf 95 % Proctor bei Wassergehalten zwischen ca. 10,9 % und 18,8 % erreicht und eine Verdichtung auf 97 % Proctor bei Wassergehalten zwischen 12,0 % und 17,8 %.



5.5.2 Wassergehalte

Zusätzlich zum Proctorversuch wurden an dem anfallenden Aushubmaterial folgende Wassergehalte bestimmt:

RKS	Bodenart	Entnahmetiefe (m)	Wassergehalt (%)
RKS 2	Decklehm	0,3 – 0,5 m	14,62
RKS 4	Verwitterungslehm	0,4 – 0,9 m	14,98
RKS 5	Verwitterungslehm	0,5 – 1,7 m	12,81
RKS 6	Verwitterungslehm	0,4 – 1,4 m	13,05

Für die Verwitterungslehme wurde ein durchschnittlicher Wassergehalt von 13,61 % ermittelt.

5.5.3 Geländeniveaueusgleich

Das anfallende Aushubmaterial der Verwitterungslehme und Verwitterungsböden ist grundsätzlich für die Herstellung des geplanten Geländeniveaueusgleiches im Bereich der Kranstellfläche geeignet. Nach den Ergebnissen des durchgeführten Proctorversuches sowie der Wassergehalte können bei einer Verwendung der bindigen Verwitterungslehme Bodenverbesserungsmaßnahmen mittels Kalk- Zement - Zugabe (z. B. Dorosol 50:50) erforderlich werden.

Insgesamt können für eine Bodenverbesserung folgende Mengen vorgesehen werden:

6 kg/m ³	für 1 - 2 % Wassergehaltsreduzierung
20 - 15 kg/m ³	für 2 - 3 % Wassergehaltsreduzierung
20 - 30 kg/m ³	für 4 - 5 % Wassergehaltsreduzierung

Diese Angaben beziehen sich auf eine Schütthöhe der Einzellagen von 0,30 m.



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22

Aus Erfahrung des Gutachters wird für eine Bodenverbesserung eine zu verwendende Kalk-Zement-Menge von ca. 20 - 25 kg/m³ abgeschätzt.

Es ist darauf hinzuweisen, dass je nach Wetterlage, bzw. resultierend aus einer nachträglichen Durchnässung der Böden, eine Erhöhung der Kalk-Zement-Menge erforderlich werden kann. Ferner können als Folge des Klimawandels bei einer Bauausführung im Sommer langfristige Trockenperioden vorliegen, sodass ein vorheriges Wässern erforderlich wird. Dies kann im Zuge von Laborversuchen nachgewiesen werden. Zur Festlegung der erforderlichen Kalk-Zement-Menge ist der Gutachter im Rahmen einer fachtechnischen Bauüberwachung hinzuzuziehen.

5.5.4 Fundamentüberschüttung

Gemäß [1] muss das für die Fundamentüberschüttung einzusetzende Bodenmaterial eine Wichte von $\gamma_{\text{üs}} = 17,66 \text{ kN/m}^3$ aufweisen. Nach den Ergebnissen des durchgeführten Proctorversuches wird die geforderte Bodenwichte für das anfallende Aushubmaterial der Verwitterungsböden und Verwitterungslehme erreicht. Sofern eine Anschüttung mit diesen Bodenarten angestrebt wird, werden keine zusätzlichen Überschüttungsmengen erforderlich.



6. Bodenmechanische Kenngrößen

6.1. Homogenbereiche nach DIN 18300:2015-08

Entsprechend der neuen DIN 18300:2015-08 geben wir für die anstehenden Böden die folgenden Homogenbereiche für den **Erdaushub** an.

Werden weitere Erdbaumaßnahmen erforderlich, sind ggf. andere Einteilungen der Homogenbereiche für Ausschreibungen gemäß VOB/C entsprechend der DIN Normen 18301 und Folgende (Ramm-, Vortriebsarbeiten, o. Ä.) erforderlich.

Böden	Homogenbereich E1	Homogenbereich E2	Homogenbereich E3
Ortsübliche Bezeichnung	Decksande	Verwitterungslehme	Verwitterungsböden
Aushub nach DIN 18300:2012-09	BKL 3	BKL 4	BKL 3 - 5
Bodengruppen nach DIN 18196	SE / SI	UL / TL / SU*	GW
Plastizitätszahl, Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	locker - mitteldicht	halbfest	mitteldicht - dicht
Korngrößenverteilung	n. n.	n. n.	n. n.
Lagerungsdichte nach DIN EN ISO 14688-2	n. n.	n. n.	n. n.
Wassergehalt nach DIN ISO 1789-1	n. n.	12,81 % – 14,98 %	n. n.
Scherfestigkeiten	n. n.	n. n.	n. n.
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1	n. n.	< 5 %	< 15 %
organischer Anteil nach DIN 18128	n. n.	n. n.	n. n.



TÖNIGES GmbH
 Beratende Geologen
 und Ingenieure
 Sinsheim
 Tel. (0 72 61) 92 11-0
 Fax (0 72 61) 92 11-22

	Homogenbereich E4
Ortsübliche Bezeichnung	Löwenstein-Formation (Stubensandstein)
Aushub nach DIN 18300 (alt)	BKL 6 - 7
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1	Sandstein mit eingeschalteten Tonsteinlagen
Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2	n.n.
Verwitterung und Veränderung, Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	nicht veränderlich bis stark veränderlich 1 - 4 (gemäß Tabelle 4)
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	1 - 250 MN/m ²
Trennflächenrichtung, trennflächenabstand, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	geschichtet mit Zwischenlagen, fein laminiert bis dick (< 6 - 2.000 mm)

Hinweis: Sollen die nicht nachgewiesenen („n.n.“) Parameter mittels bodenmechanischer Laborversuchen bestimmt werden, kann durch unser Büro ein entsprechendes Angebot erstellt werden.



6.2. Mittlere durchschnittliche Bodenkennwerte (cal.) der Gründungsböden

Decksand (SE, mitteldichte Lagerung)

Wichte erdfeucht	17,0 kN/m ³
Wichte gesättigt	19,5 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb	9,5 kN/m ³
Reibungswinkel	30,0° - 32,5°
Kohäsion, c'	3 - 6 kN/m ²

Verwitterungslehm (UL, halbfeste Konsistenz)

Wichte erdfeucht	19,5 kN/m ³
Wichte gesättigt	21,0 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb	11,0 kN/m ³
Reibungswinkel	27,5° - 30,0°
Kohäsion, c'	5 - 10 kN/m ²

Verwitterungsboden (SW, mitteldichte Lagerung)

Wichte erdfeucht	18,0 kN/m ³
Wichte gesättigt	20,5 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb	10,5 kN/m ³
Reibungswinkel	32,5° - 35,0°
Kohäsion, c'	1 - 4 kN/m ²

Verwitterungsboden (GW, mitteldichte Lagerung)

Wichte erdfeucht	19,0 kN/m ³
Wichte gesättigt	21,5 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb	11,5 kN/m ³
Reibungswinkel	35,0° - 37,5°
Kohäsion, c'	0,5 - 2 kN/m ²



Angew. Festgestein „Löwenstein-Formation“

Sandstein (hart)

Wichte erdfeucht	24,0 kN/m ³
Wichte gesättigt	24,0 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb	14,0 kN/m ³
Reibungswinkel	40,0° - 42,5°
Kohäsion, c'	30 - 40 kN/m ²

Angew. Festgestein „Löwenstein-Formation“

Ton-, Tonmergelstein (halbfest - fest)

Wichte erdfeucht	23,0 kN/m ³
Wichte gesättigt	23,0 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb	13,0 kN/m ³
Reibungswinkel	32,5° - 35,0°
Kohäsion, c'	15 - 20 kN/m ²

6.3 Mittlere Steifeziffern (cal.)

Decksand	14.000 – 18.000 kN/m ²
Verwitterungslehm	10.000 – 12.000 kN/m ²
Verwitterungsboden	20.000 – 30.000 kN/m ²
Angew. Festgestein „Löwenstein-Formation“	
Sandsteine	40.000 – 60.000 kN/m ²
Ton- und Tonmergelsteine	30.000 – 40.000 kN/m ²

Die Steifeziffern der einzelnen Böden sind je nach den festgestellten Konsistenzen und den Belastungen des Baugrundes durch den Gutachter anzupassen.



7. Baugrundbeurteilung mit Gründungsvorschlag

7.1. Ausgangssituation

Gemäß den Darstellungen in Kap. 1.3 wird am Standort der Windenergieanlage WEA 1 der Anlagentyp Nordex N175, 6.x MW TCS 179 eingesetzt.

Die bautechnischen Randbedingungen für diesen Anlagentypen werden in den nachfolgenden Tabellen zusammenfassend dargestellt. Detaillierte Angaben können den Darstellungen des Kapitel 1.3 sowie den diesem Gutachten zugrundeliegenden Fundamentdatenblättern entnommen werden.

Parameter	Einheit	Wert
Außendurchmesser	[m]	29,10
Fundamenthöhe h_{ges}	[m]	2,90
Fundamenteinbindung	[m]	2,90
Bodenpressung BS-P	[kN/m ²]	250



7.2. Baugrundbeurteilung und Gründungsvorschlag

7.2.1 Baugrundbeurteilung

Im Zuge der Baugrunderkundung wurde am Standort der WEA 1 zunächst ein 0,1 – 0,4 m mächtiger Waldboden angetroffen. Innerhalb der Kleinrammbohrung RKS 1 wird der Waldboden bis etwa 0,5 m u. GOK von Decksanden unterlagert. Im Bereich der Kleinrammbohrung RKS 2 stehen bis etwa 0,5 m u. GOK Decklehme mit halbfester Konsistenz an. Innerhalb der Kleinrammbohrung RKS 4 wurden bis ungefähr 0,9 m u. GOK Verwitterungslehme angetroffen. Als unterste Schicht wurden bis zur aufgeschlossenen Endteufe in max. 1,6 m u. GOK Verwitterungsböden mit mitteldichter bis dichter Lagerung erbohrt. Ab der jeweiligen Endteufe der Kleinrammbohrungen war kein tieferes Eindringen möglich. Seitens des Gutachters wird daher davon ausgegangen, dass ab diesem Tiefenniveau mit dem anstehenden Festgestein der „Löwenstein-Formation“ zu rechnen ist.

Unter Berücksichtigung einer geplanten Fundamentunterkante von 437,00 m ü. NN wird am Standort der Windenergieanlage WEA 1 der direkte Gründungsboden überwiegend durch das angewitterte Festgestein der „Löwenstein-Formation“ gebildet. Bereichsweise liegen Verwitterungsböden als direkte Gründungsböden vor. Unter Ansetzung der zu erwartenden Lasten und Momente sind die Verwitterungsböden als nicht ausreichend tragfähig einzustufen, sodass von einer Gründung innerhalb dieser Bodenschichten abgeraten wird. Stattdessen wird eine einheitliche Gründung in das anstehende Festgestein der „Löwenstein-Formation“ empfohlen, welches durch eine Wechsellagerung von Sandsteinen und Tonmergelsteinen charakterisiert ist.



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22

7.2.2 Gründungsvorschlag

Ausgehend von den Ergebnissen der Baugrunderkundung wird für den vorgesehenen Standort der Windenergieanlage WEA 1 eine Flachgründung in die wechsellagerten Sand- und Tonmergelsteine der „Löwenstein-Formation“ empfohlen. Hierfür sind die im Bereich des Gründungsniveaus bereichsweise anstehenden Verwitterungsböden vollständig auszukoffern und durch Schottermaterial, KFT-Material Körnung 0/45, zu ersetzen. Unter Berücksichtigung der Mächtigkeit der auszukoffernden Verwitterungsböden sowie der o. g. Wechsellagerung aus Sandsteinen mit Ton- und Tonmergelsteinen sehen wir unterhalb des Kreisfundamentes einen Schotterunterbau mit einer einheitlichen Mächtigkeit von 1,0 m vor. Gegebenenfalls können hierfür zum Lösen der Sandsteine Meißelarbeiten erforderlich werden.

Am Standort der Windenergieanlage WEA 1 wurde kein zusammenhängender Grundwasserleiter festgestellt, sodass eine **Flachgründung ohne Auftrieb** realisiert werden kann.

Unter Berücksichtigung der im Gutachten angegebenen Gründungsmaßnahmen stellt das Festgestein der „Löwenstein-Formation“ einen ausreichend tragfähigen Baugrund dar. Die gemäß dem Fundamentdatenblatt vorgeschriebene maximale Bodenpressung von $\sigma_{\max} = 250 \text{ kN/m}^2$ kann für den Gründungsboden des angewitterten Festgesteines der „Löwenstein-Formation“ seitens des Gutachters bestätigt werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass unter Ansetzung der geplanten Fundamentgeometrie sowie der festgestellten Wechsellagerung aus Sandsteinen und Tonmergelsteinen ein 1,0 m mächtiger Schotterunterbau erforderlich wird.

Bei den nachfolgenden Berechnungen zur statischen und dynamischen Drehfedersteifigkeit wurden die gemäß [1] anfallenden Lasten und Momente berücksichtigt. Ferner wurde eine zentrische Belastung des Fundamentes angesetzt.

Die Berechnungen wurden unter Ansetzung des Lastfalles „BS-P“ durchgeführt. Für die Setzungsberechnung wurde das Programm WinSetz der IDAT GmbH



verwendet. Gemäß dem vorliegenden Fundamentdatenblatt beträgt der Durchmesser des Kreisfundamentes 29,10 m, woraus ein Radius $R = 14,55$ m resultiert. Unter Ansetzung der oben genannten Vertikal- und Horizontallasten sowie des Momentes resultiert eine Schiefstellung des Fundamentes von $d_s = 0,0419$ m.

Die statische Drehfedersteifigkeit $k_{\varphi, \text{stat}}$ berechnet sich wie folgt:

$$k_{\varphi, \text{stat}} = \frac{Mx}{\varphi} \left[\frac{\text{kNm}}{\text{rad}} \right]$$

$$\varphi = \frac{d_s}{b}$$

Ausgangsdaten: $d_s = 0,0419$ m
 $b = 29,1$ m
 $M_x = 192.214$ kNm (nach [1])

Unter Ansetzung der genannten Parameter wurde folgende statische Drehfedersteifigkeiten ermittelt:

$$k_{\varphi, \text{stat}} = 133.491 \text{ MNm/rad} \quad \geq 52.000 \text{ MNm/rad (geforderter Wert)}$$

Die nach [1] erforderliche Min. erf. stat. Drehfedersteifigkeit liegt oberhalb der geforderten Werte und kann somit bestätigt werden.



Für die Bestimmung der dynamischen Drehfedersteifigkeit $k_{\varphi, \text{dyn}}$ gelten folgende Berechnungsgrundlagen:

$$k_{\varphi, \text{dyn}} = f(v) \times E_{s, \text{dyn}} \times R^3 \text{ [kNm/rad]}$$

$$f(v) = \frac{4}{3} x (1 - v - 2x v^2) / [(1 - v)^2 x (1 + v)]$$

Ausgangsdaten: $E_{s, \text{dyn}} = 400.000 \text{ kN/m}^2$
 $R = 14,55 \text{ m}$
 $v = 0,30 \text{ [-]}$

Unter Anwendung der zuvor dargestellten Zusammenhänge resultiert eine dynamische Drehfedersteifigkeit von $k_{\varphi, \text{dyn}} = 1.342.998 \text{ MNm/rad}$. Die nach [1] geforderte dynamische Drehfedersteifigkeit von 260.000 MNm/rad kann somit bestätigt werden.

Hinweis:

Die Setzungsberechnungen wurden unter Ansetzung der Bodenkennwerte für eine Wechsellagerung aus Sandsteinen und Tonmergelsteinen durchgeführt. Wir empfehlen eine baubegleitende Erkundung der Tiefenlage und Zusammensetzung des Festgesteinsuntergrundes der „Löwenstein-Formation“ z. B. mittels Bagger-schürfen vorzunehmen. Hierbei kann ggf. eine Anpassung der anzusetzenden Bodenkennwerte vorgenommen werden, sodass sich der einzubringende Schotterunterbau reduziert.



7.3 Kranstell- und Montagefläche

Gemäß den uns vorliegenden Planungsunterlagen wird im Vorfeld der Herstellung der Kranstell- und Montageflächen die Durchführung eines Geländeneiveaueausgleiches erforderlich. Hierfür ist vorgesehen das hangseitig anfallende Aushubmaterial auszukoffern und talseitig wieder einzubauen. Auf die hierfür potentiell erforderlichen Bodenverbesserungsmaßnahmen wurde bereits in Kapitel 5.5 hingewiesen.

Wir empfehlen, im Vorfeld der Geländeanschüttung den vorhandenen Oberboden abziehen. Die im Rohplanum anstehenden Verwitterungslehme sind zunächst durch Kalk-Zement-Zugabe bei einer Frästiefe von 0,5 m zu verbessern. Die hierbei erforderliche Kalk-Zement-Menge ist vor Ort durch den Gutachter festzulegen. Sofern im Bereich des Rohplanums rollig ausgebildete Verwitterungsböden vorliegen sind diese zunächst nachzuverdichten.

Im Anschluss daran kann das verbesserte Bodenmaterial aus dem Abtragsbereich wieder eingebaut werden. Das Bodenmaterial ist lagenweise (Mächtigkeit $\geq 0,30$ m) einzubauen und lagenweise auf eine Proctordichte von ≥ 100 % zu verdichten. Die Verdichtungskontrolle ist hierbei lagenweise mittels Lastplattendruckversuchen nachzuweisen.

Die oberen 0,6 m der Kranstell- und Montagefläche sind aus einem Schottergemisch der Körnung 0/45 aufzubauen. Für die unteren Lagen kann auch bei geeigneten geologischen Verhältnissen ein grobkörniges Schottermaterial verwendet werden. Dies ist vor Ort durch den Gutachter festzulegen.

Im Zuge der Geländeanschüttung ist ein dauerhafter Böschungswinkel von 35° einzuhalten. Ferner wird ein Überstand zwischen Geländeanschüttung und der überlagernden Kranstellfläche erforderlich.



7.4 Aufbau der Zuwegung

Nach den uns vorliegenden Planungsunterlagen erfolgt die Zufahrt zum Standort der Windenergieanlage WEA 1 ausgehend von der „Bretzfelder Straße“ in Richtung Westen zunächst innerhalb eines vorhandenen Forstwirtschaftsweges. Ausgehend von einem Kreuzungsbereich wird für die verbleibenden ca. 250 m bis zum Kranausleger ein vollständiger Neubau der Zuwegung erforderlich. Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Ingenieurgeologischen Gutachtens lagen noch keine detaillierten Informationen bezüglich der künftigen Höhenlagen im Bereich der Zufahrt vor. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der in diesem Bereich durchgeführten Kleinrammbohrungen ist davon auszugehen, dass sich das Erdrohplanum im Bereich der Zufahrt innerhalb der anstehenden Decksande befindet. Wir empfehlen, die im Rohplanum anstehenden Decksande zunächst nachzuverdichten. Sofern innerhalb des Rohplanums bindig ausgebildete Verwitterungslehme anstehen sehen wir für diese Bereiche eine Baugrundverbesserung durch Kalk-Zement-Zugabe bei einer Frästiefe von 0,5 m vor. Die hierbei erforderliche Kalk-Zement-Menge ist vor Ort durch den Gutachter festzulegen.

Auf dem verbesserten bzw. nachverdichteten Rohplanum ist die Zuwegung aus einem Schottergemisch der Körnung z. B. 0/45 mit einer Mächtigkeit von $\geq 0,6$ m aufzubauen. Für die unteren Lagen kann auch bei geeigneten geologischen Verhältnissen ein grobkörniges Schottermaterial verwendet werden. Dies ist vor Ort durch den Gutachter festzulegen.



8. Erdbautechnische Hinweise

8.1. Höhenkoten

Gemäß den vorliegenden Planungsunterlagen ist die Unterkante des herzustellen- den Kreisfundamentes auf einem Niveau von 437,00 m ü. NN vorgesehen.

Sofern diese Höhenlage im Zuge des laufenden Planungsprozesses verändert wird, ist mit dem Gutachter hinsichtlich der Gründungsausführung Rücksprache zu halten.

8.2. Baugrubenaushub und Rohplanum

8.2.1 Fundamentbereich

Vor Beginn der Arbeiten muss am Standort der Windenergieanlage WEA 1 im Fundamentbereich der ca. 0,2 m mächtige Waldboden abgeschoben werden. Ferner sind zur Gewährleistung einer einheitlichen Gründung innerhalb der „Löwenstein-Formation“ die vorhandenen Decksande, Verwitterungslehme und Verwitterungsböden auszukoffern. Wir empfehlen für den Fundamentbereich eine baubegleitende Erkundung der Tiefenlage und Zusammensetzung des Festgesteines der „Löwenstein-Formation“ vorzunehmen, sodass ggf. die Mächtigkeit des im hangseitigen Fundamentbereiches einzubringenden Schottermaterials reduziert werden kann.

Wir empfehlen, das Rohplanum und den Gründungsboden durch den Gutachter im Rahmen einer fachtechnischen Bauüberwachung abnehmen zu lassen.



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22

8.2.2 Kranstellfläche und Zuwegung

Sowohl für die Herstellung der Kranstellfläche als auch der Zuwegung werden umfangreiche erdbautechnische Maßnahmen erforderlich. Für beide Bereiche ist das jeweilige Rohplanum mittels Kalk-Zement-Zugabe zu verbessern, wobei die erforderliche Kalk-Zement-Menge vor Ort durch den Gutachter festzulegen ist. Sofern im Bereich des jeweiligen Rohplanums Verwitterungsböden oder Decksande vorliegen, sind diese zunächst nachzuverdichten.

Wir empfehlen, v. a. für den Bereich der Kranstellfläche lagenweise Verdichtungsüberprüfungen z. B. mittels Lastplattendruckversuchen im Rahmen einer fachtechnischen Bauüberwachung vorzusehen.

Hinweis: Wir empfehlen grundsätzlich, die Erdarbeiten in den trockenen Jahreszeiten durchzuführen, da bei feuchter Witterung erfahrungsgemäß ein erhöhter Zeit- und Kostenaufwand notwendig wird. Herrscht während der Herstellungsphase des Rohplanums eine regnerische Wetterlage vor, so muss direkt nach dem Freilegen des Rohplanums die Sauberkeitsschicht für das Fundament aufgebracht werden.



8.3 Baugrubenböschungen

Nach den ermittelten Geländehöhen sowie unter Berücksichtigung der vorliegenden Planungsunterlagen ist für den Bereich des Fundamentes von folgenden Böschungshöhen auszugehen:

Bereich	Böschungshöhe [m]
Fundament	ca. 2,5 m

Für das Kreisfundament wird die Böschungsausführung temporär erforderlich. Die Böschungen können bis zu einer Höhe von 2,5 m mit einem Winkel von 50° angelegt werden. Sämtliche Böschungen am vorgesehenen Standort müssen durch den Gutachter bestätigt bzw. begutachtet werden.

Am Böschungsfuß der Windenergieanlagen ist ein Arbeitsraum von mind. 0,5 m freizuhalten.

Nach DIN 4124 sind Verkehrslasten und Baumaterial bis zu 12 t Lasten 1 m und > 12 t Lasten 2 m von der Böschungskante fernzuhalten.

8.4 Trockenhaltung der Baugrube

Im Zuge der abgeteuften Kleinrammbohrungen wurde am Standort der Windenergieanlage WEA 1 kein zusammenhängender Grundwasserkörper festgestellt. Der Betrieb einer Wasserhaltung wird somit nur im Anschluss von Starkniederschlägen und zutretendem Oberflächenwasser erforderlich.

8.5. Fundamente

Unterschiedliche Gründungstiefen des Fundamentes sind unter einem Lastabtragungswinkel von 45° abzutrepfen.



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22

Auf eine frostsichere Gründung des Fundamentes ist zu achten. Die Einbindetiefe von $\geq 0,80$ m unter GOK muss gewährleistet sein. Hierbei ist die notwendige Fundamentüberdeckung mit einzurechnen.

8.6. Arbeitsraumverfüllung

Die Arbeitsräume sind gemäß den Vorgaben der DIN 4095 und ZTV E-StB 09 mit ideal verdichtbarem Material zu verfüllen und lagenweise zu verdichten. Je nach Wahl des Verfüllmaterials sind die Mindestanforderungen der Verdichtung gemäß DIN 4095 und ZTV E-StB 09 sowie der Anforderungen seitens des Anlagenherstellers (hier: Nordex) einzuhalten. Für die Arbeitsräume ist eine Verdichtung von ≥ 100 % Proctordichte zu erreichen.

Bei einer Verwendung der bindigen Verwitterungslehme können Bodenverbesserungsmaßnahmen durch Kalk-Zement-Zugabe erforderlich werden (vgl. Kap. 4.5). Zur Festlegung der Kalk-Zement-Menge ist der Gutachter hinzuzuziehen.

8.7 Fachtechnische Bauüberwachung

Hinsichtlich der erdbautechnischen Maßnahmen, Eignungsprüfungen der zu verwendenden Materialien (Schotter etc.), Gründungsabnahmen, Verdichtungskontrollen, Baubesprechungen, etc. werden fachtechnische Fragestellungen auftreten. Diese sind im Rahmen einer fachtechnischen Bauberatung bzw. Bauüberwachung zu beantworten. Hierzu stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung.



8.8. Erdbebenzone

Nach **DIN EN 1998-1/NA:2021-07** werden für das Untersuchungsgebiet folgende spektrale Plateaubeschleunigungen angegeben:

Wiederkehrintervall	Plateaubeschleunigung
475 a	0,401 m/s ²
975 a	0,615 m/s ²
2475 a	1,030 m/s ²

Die Angaben der DIN EN 1998-1/NA:2021-07 sind zu beachten.



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22

9. Anmerkungen

Die dargestellte Baugrundsituation beruht auf einer Interpolation von punktuellen Aufschlüssen. Abweichungen sind daher nicht ausgeschlossen und müssen dem Gutachter sofort angezeigt werden.

Beim Ausheben des Fundamentes ist zur Abnahme des Gründungshorizonts der Gutachter hinzuzuziehen.

Der Gutachter ist frühzeitig in die weitere Ausführungsplanung mit einzubeziehen. Treten im Verlauf der Bauarbeiten Unregelmäßigkeiten auf oder kündigen sich Schäden an, so ist der Gutachter sofort zu verständigen.

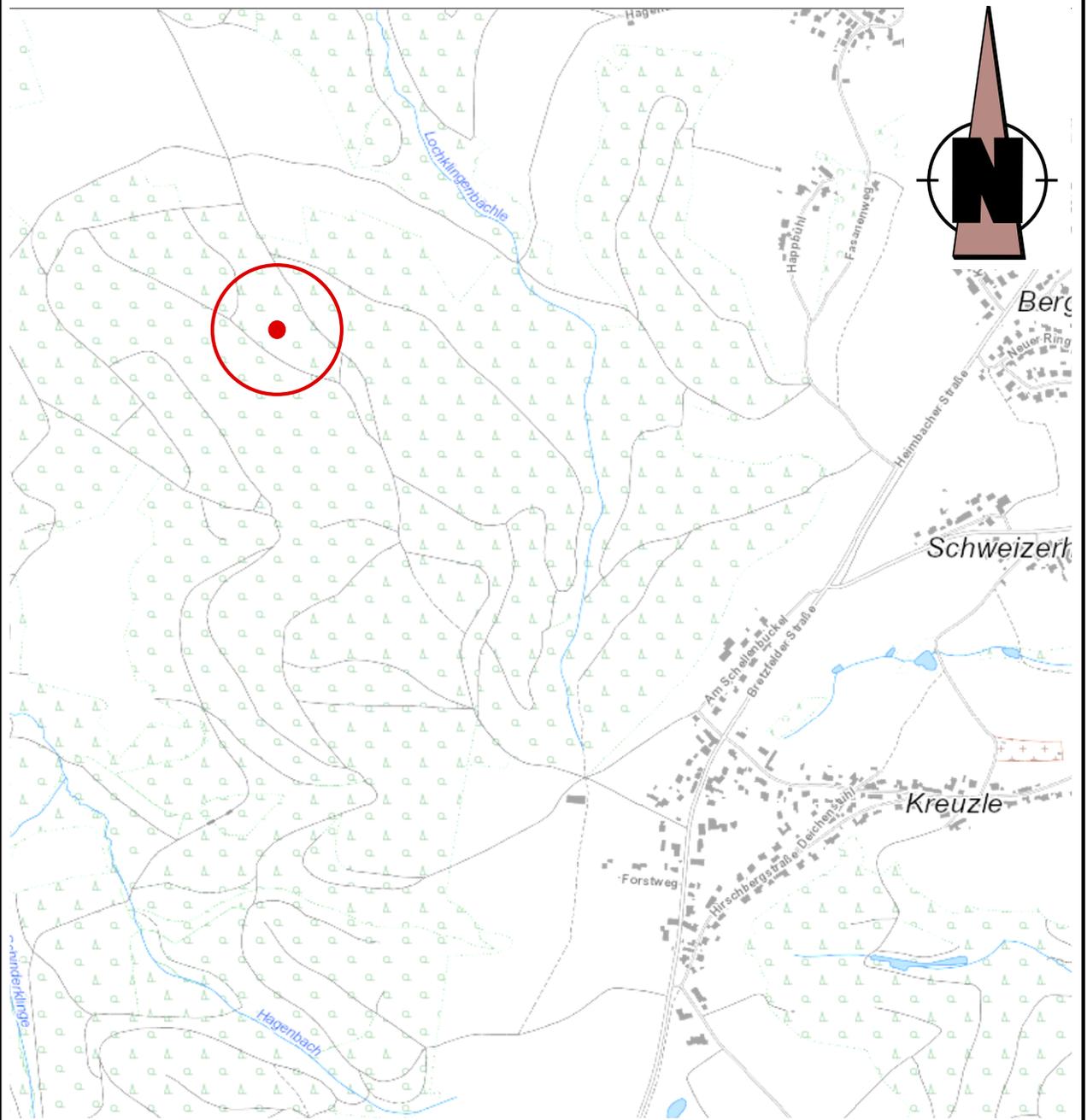
Bei Planungsänderungen und Abweichungen von den im Gutachten gemachten Aussagen und Vorschlägen muss mit dem Gutachter Rücksprache gehalten werden.

Das Gutachten darf nur als Gesamtes an Dritte weitergegeben werden. Bei der Weitergabe von einzelnen Kapiteln oder Anlagen besteht die Gefahr einer Fehlinterpretation.

(pdf-Dokument, ohne Unterschrift gültig)

M. Leibing, Dipl.-Geol.

C. Franken, M. Sc. Geow.



Untersuchungsgebiet

TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure



Kleines Feldlein 4
D-74889 Sinsheim

FON: 07261 / 9211 - 0
FAX: 07261 / 9211 - 22

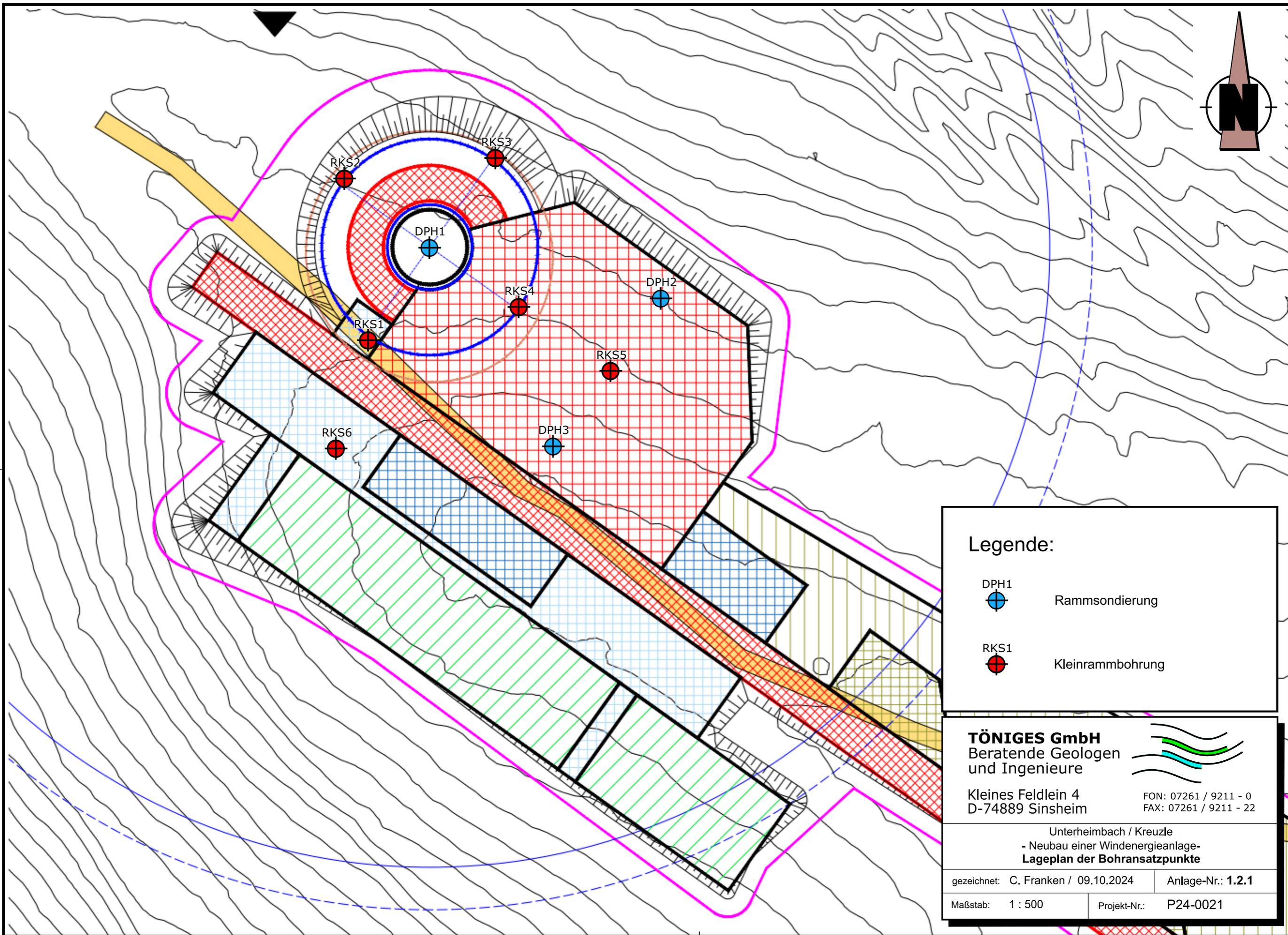
Unterheimbach/Kreuzle
- Neubau einer Windenergieanlage -
Geographische Lage des Untersuchungsgebietes

gezeichnet: C. Franken / 09.10.2024

Anlage-Nr.: 1.1

Maßstab: 1 : 10.000

Projekt-Nr.: P24-0021



Legende:

- 
Rammsondierung
- 
Kleinrammbohrung

TÖNIGES GmbH
 Beratende Geologen
 und Ingenieure



Kleines Feldlein 4
 D-74889 Sinsheim

FON: 07261 / 9211 - 0
 FAX: 07261 / 9211 - 22

Unterheimbach / Kreuzle
 - Neubau einer Windenergieanlage-
Lageplan der Bohransatzpunkte

gezeichnet: C. Franken / 09.10.2024

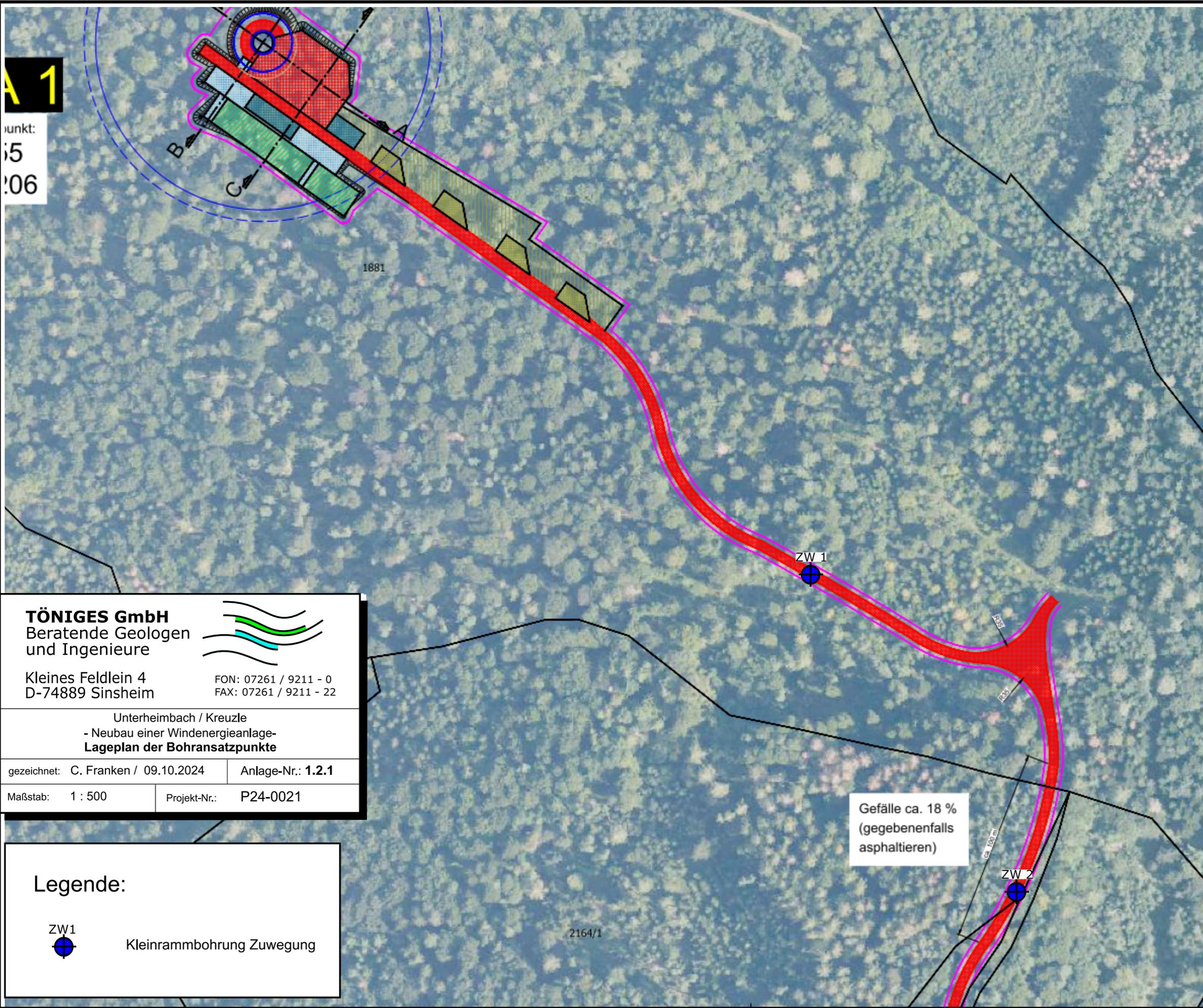
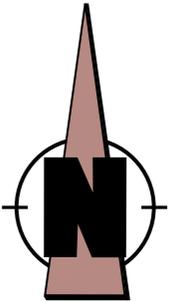
Anlage-Nr.: **1.2.1**

Maßstab: 1 : 500

Projekt-Nr.: P24-0021

A 1

Punkt:
15
2006



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure



Kleines Feldlein 4
D-74889 Sinsheim

FON: 07261 / 9211 - 0
FAX: 07261 / 9211 - 22

Unterheimbach / Kreuzle
- Neubau einer Windenergieanlage
Lageplan der Bohransatzpunkte

gezeichnet: C. Franken / 09.10.2024

Anlage-Nr.: **1.2.1**

Maßstab: 1 : 500

Projekt-Nr.: P24-0021

Legende:



Kleinrammbohrung Zuwegung

		Schichtenverzeichnis				Anlage:		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						AZ: P24-0021		
Bauvorhaben: Unterheimbach / Kreuzle - Windenergieanlage								
Bohrung						Datum: 24.07.2024		
Nr.: RKS 1 / Blatt 1								
1	2			3		4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m Unter-kante
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe			i) Kalk-gehalt		
0,10	a) Sand, schluffig, organisch			BKL 1 + 3				
	b)							
	c) locker	d)	e) dunkelbraun					
	f)	g) Waldboden	h) OH					
0,50	a) Sand, schwach schluffig bis schluffig			BKL 3				
	b)							
	c) locker bis mitteldicht	d)	e) braun					
	f)	g) Decksand	h) SE					
0,80	a) Sand, tonig, schluffig, schwach kiesig			BKL 3				
	b) schwach kiesig = Sandsteinbruchstücke							
	c) mitteldicht	d)	e) braungrau					
	f)	g) Verwitterungsboden	h) SW					
1,20	a) Kies, steinig, sandig, schwach schluffig bis schluffig			BKL 3 - 5				
	b) Kies = Sandsteinbruchstücke							
	c) mitteldicht bis dicht	d)	e) grau					
	f)	g) Verwitterungsboden	h) GW					

¹⁾ Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

		Schichtenverzeichnis				Anlage:		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						AZ: P24-0021		
Bauvorhaben: Unterheimbach / Kreuzle - Windenergieanlage								
Bohrung						Datum: 24.07.2024		
Nr.: RKS 2 / Blatt 1								
1	2			3		4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe			i) Kalk-gehalt		
0,30	a) Sand, schluffig, organisch			BKL 1 + 3				
	b)							
	c) locker	d)	e) dunkelbraun					
	f)	g) Waldboden	h) OH					
0,50	a) Schluff, tonig, fein- bis mittelsandig			BKL 4				
	b)							
	c) halbfest	d)	e) braun					
	f)	g) Decklehm	h) UL, SU					
0,90	a) Kies, steinig, sandig bis stark sandig, schwach schluffig bis schluffig			BKL 3 - 5				
	b) Kies / steinig = Sandsteinbruchstücke							
	c) mitteldicht bis dicht	d)	e) grau					
	f)	g) Verwitterungsboden	h) GW					

¹⁾ Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage:	
						Bericht:	
						AZ: P24-0021	
Bauvorhaben: Unterheimbach / Kreuzle - Windenergieanlage							
Bohrung Nr.: RKS 3 / Blatt 1					Datum: 24.07.2024		
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾				Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe		i) Kalk- gehalt		
0,20	a) Sand, schluffig, organisch			BKL 1 + 3			
	b)						
	c) locker	d)	e) dunkelbraun				
	f)	g) Waldboden	h) OH				
0,60	a) Kies, steinig, sandig bis stark sandig, schwach schluffig bis schluffig			BKL 3 - 5			
	b) Kies / steinig = Sandsteinbruchstücke						
	c) mitteldicht bis dicht	d)	e) grau				
	f)	g) Verwitterungsboden	h) GW				
¹⁾ Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor							

		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage:	
						Report:	
						AZ: P24-0021	
Bauvorhaben: Unterheimbach / Kreuzle - Windenergieanlage							
Bohrung Nr.: RKS 4 / Blatt 1					Datum: 24.07.2024		
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾				Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe		i) Kalkgehalt		
0,40	a) Sand, schluffig, organisch			BKL 1 + 3			
	b)						
	c) locker	d)	e) dunkelbraun				
	f)	g) Waldboden	h) OH				
0,90	a) Schluff, stark sandig, tonig, schwach kiesig			BKL 4			
	b) schwach kiesig = Sandsteinbruchstücke						
	c) halbfest	d)	e) braungrau				
	f)	g) Verwitterungslehm	h) UL, SU⁻				
1,60	a) Kies, sandig, schluffig, schwach tonig bis tonig, schwach steinig			BKL 3 - 5			
	b) Kies / schwach steinig = Sandsteinbruchstücke						
	c) mitteldicht bis dicht	d)	e) grau				
	f)	g) Verwitterungsboden	h) GW				

¹⁾ Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage:	
						Bericht:	
						AZ: P24-0021	
Bauvorhaben: Unterheimbach / Kreuzle - Windenergieanlage							
Bohrung Nr.: RKS 5 / Blatt 1					Datum: 24.07.2024		
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾				Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe		i) Kalkgehalt		
0,50	a) Sand, schluffig, organisch			BKL 1 + 3			
	b)						
	c) locker	d)	e) dunkelbraun				
	f)	g) Waldboden	h) OH		i)		
0,70	a) Schluff, tonig, fein- bis mittelsandig, schwach kiesig bis kiesig			BKL 4			
	b) schwach kiesig = Sandsteinbruchstücke						
	c) halbfest	d)	e) braun				
	f)	g) Verwitterungslehm	h) UL, TL		i)		
1,20	a) Kies, steinig, sandig, schwach schluffig bis schluffig			BKL 3 - 5			
	b) Kies / steinig = Sandsteinbruchstücke						
	c) mitteldicht bis dicht	d)	e) grau				
	f)	g) Verwitterungsboden	h) GW		i)		

¹⁾ Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

		Schichtenverzeichnis				Anlage:		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						AZ: P24-0021		
Bauvorhaben: Unterheimbach / Kreuzle - Windenergieanlage								
Bohrung						Datum: 24.07.2024		
Nr.: RKS 6 / Blatt 1								
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt				
0,40	a) Sand, schluffig, organisch				BKL 1 + 3			
	b)							
	c) locker	d)	e) dunkelbraun					
	f)	g) Waldboden	h) OH	i)				
1,00	a) Schluff, tonig, fein- bis mittelsandig, schwach kiesig bis kiesig				BKL 4			
	b) schwach kiesig = Sandsteinbruchstücke							
	c) halbfest	d)	e) braun					
	f)	g) Verwitterungslehm	h) UL, TL	i)				
1,40	a) Ton, stark schluffig, feinsandig, schwach kiesig				BKL 4			
	b) schwach kiesig = Tonmergel- und Sandsteinbruchstücke							
	c) halbfest	d)	e) rotbraun					
	f)	g) Verwitterungslehm	h) UL, TL	i)				
1,50	a) Kies, tonig bis stark tonig, sandig, schwach schluffig, schwach steinig				BKL 3 - 5			
	b) Kies / schwach steinig = Sandsteinbruchstücke							
	c) mitteldicht bis dicht	d)	e) graurot					
	f)	g) Verwitterungsboden	h) GW	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

		Schichtenverzeichnis				Anlage:		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						AZ: P24-0021		
Bauvorhaben: Unterheimbach / Kreuzle - Windenergieanlage								
Bohrung						Datum: 24.07.2024		
Nr.: ZW 1 / Blatt 1								
1	2			3		4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe			i) Kalk-gehalt		
0,20	a) Sand, schluffig, schwach tonig, organisch			BKL 1 + 3				
	b)							
	c) locker	d)	e) dunkelbraun					
	f)	g) Waldboden	h) OH					
0,50	a) Sand, schwach schluffig			BKL 3				
	b)							
	c) mitteldicht	d)	e) braunrot					
	f)	g) Decksand	h) SE					
1,20	a) Sand, schluffig			BKL 3				
	b)							
	c) mitteldicht	d)	e) braun					
	f)	g) Decksand	h) SI, SU					
2,50	a) Sand, schluffig bis stark schluffig, schwach kiesig			BKL 3				
	b) schwach kiesig = Sandsteinbruchstücke							
	c) mitteldicht	d)	e) braunrot					
	f)	g) Verwitterungsboden	h) SW, SU⁻					
3,20	a) Kies, sandig, steinig, schluffig			BKL 3 - 5				
	b) Kies / steinig = Sandsteinbruchstücke							
	c) mitteldicht bis dicht	d)	e) graubraun					
	f)	g) Verwitterungsboden	h) GW					

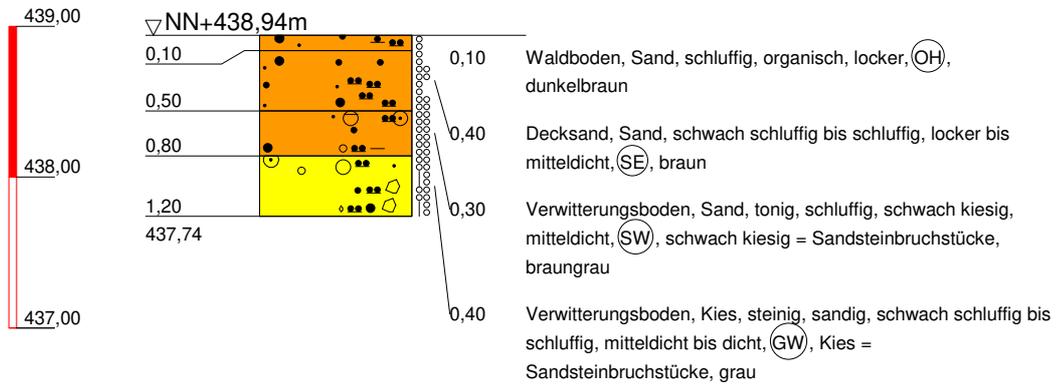
¹⁾ Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

		Schichtenverzeichnis				Anlage:		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						AZ: P24-0021		
Bauvorhaben: Unterheimbach / Kreuzle - Windenergieanlage								
Bohrung						Datum: 24.07.2024		
Nr.: ZW 2 / Blatt 1								
1	2			3		4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe			i) Kalk-gehalt		
0,10	a) Kies, sandig, steinig, schluffig			BKL 3				
	b) Kies = Kalksteinbruchstücke							
	c) mitteldicht	d)	e) grau					
	f)	g) Schottermaterial	h) GW					
1,00	a) Sand, schwach schluffig			BKL 3				
	b)							
	c) mitteldicht	d)	e) graubraun					
	f)	g) Decksand	h) SE					
1,60	a) Ton, schluffig, schwach kiesig			BKL 4				
	b) schwach kiesig = Tonmergelbruchstücke							
	c) halbfest	d)	e) rot					
	f)	g) Verwitterungslehm	h) UL,TL					
1,70	a) Kies, sandig, schwach steinig, tonig bis stark tonig			BKL 3 - 5				
	b) Kies = Sandstein- und Tonmergelbruchstücke							
	c) mitteldicht bis dicht	d)	e) graurot					
	f)	g) Verwitterungsboden	h) GW					

¹⁾ Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

RKS 1 WEA 1

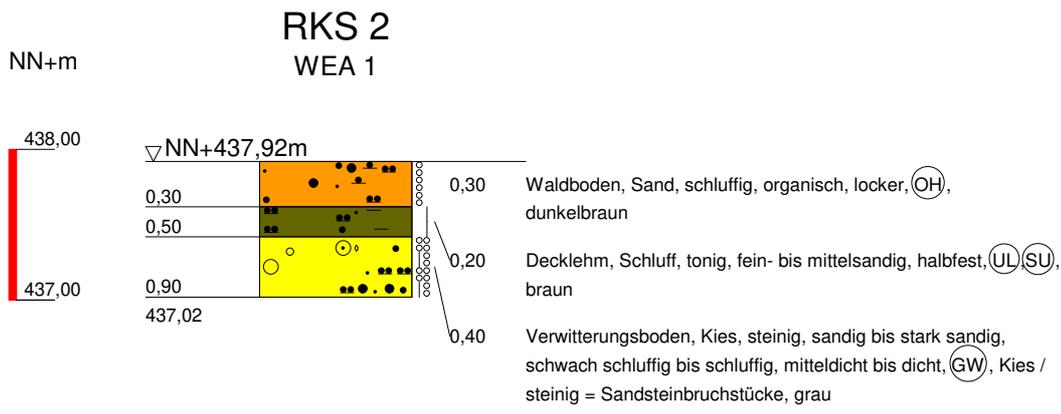
NN+m



TÖNIGES GmbH
 Beratende Geol. und Ing.
 Kleines Feldlein 4
 74889 Sinsheim
 Tel.: 07261/9211-0

Bauvorhaben:
 Unterheimbach / Kreuzle
 - Windenergieanlage -
 Planbezeichnung:
 Schichtenprofile

Plan-Nr:
 Projekt-Nr: P24-0021
 Datum: 25.07.2024
 Maßstab: 1:50
 Bearbeiter: C. Franken

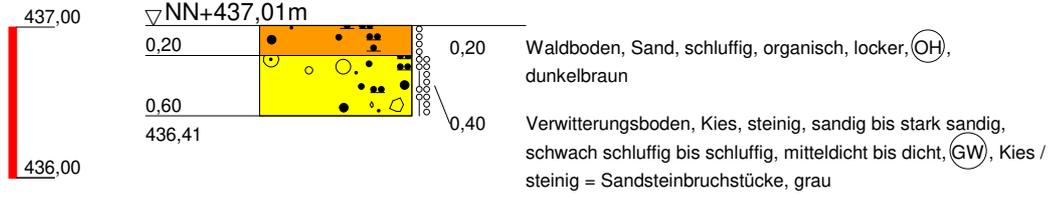


<p style="text-align: center; font-size: 1.2em; color: red;">TÖNIGES GmbH</p> <p>Beratende Geol. und Ing.</p> <p style="text-align: center;">Kleines Feldlein 4 74889 Sinsheim Tel.: 07261/9211-0</p>	<p>Bauvorhaben:</p> <p style="text-align: center; color: red;">Unterheimbach / Kreuzle - Windenergieanlage -</p>	<p>Plan-Nr:</p>
	<p>Planbezeichnung:</p> <p style="text-align: center; color: red;">Schichtenprofile</p>	<p>Projekt-Nr: P24-0021</p>
		<p>Datum: 25.07.2024</p>
		<p>Maßstab: 1:50</p>
		<p>Bearbeiter: C. Franken</p>

RKS 3

WEA 1

NN+m



TÖNIGES GmbH
 Beratende Geol. und Ing.
 Kleines Feldlein 4
 74889 Sinsheim
 Tel.: 07261/9211-0

Bauvorhaben:
 Unterheimbach / Kreuzle
 - Windenergieanlage -

Planbezeichnung:
 Schichtenprofile

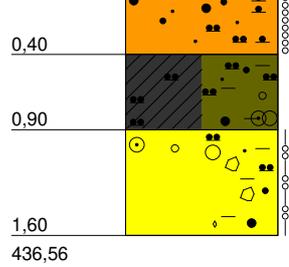
Plan-Nr:	
Projekt-Nr:	P24-0021
Datum:	25.07.2024
Maßstab:	1:50
Bearbeiter:	C. Franken

NN+m



RKS 4 WEA 1

▽ NN+438,16m



- 0,40 Waldboden, Sand, schluffig, organisch, locker, (OH), dunkelbraun
- 0,50 Verwitterungslehm, Schluff, stark sandig, tonig, schwach kiesig, halbfest, (UL)(SU), schwach kiesig = Sandsteinbruchstücke, braungrau
- 0,70 Verwitterungsboden, Kies, sandig, schluffig, schwach tonig bis tonig, schwach steinig, mitteldicht bis dicht, (GW), Kies / schwach steinig = Sandsteinbruchstücke, grau

TÖNIGES GmbH
Beratende Geol. und Ing.
Kleines Feldlein 4
74889 Sinsheim
Tel.: 07261/9211-0

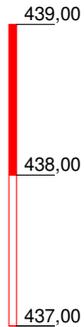
Bauvorhaben:
**Unterheimbach / Kreuzle
- Windenergieanlage -**

Planbezeichnung:
Schichtenprofile

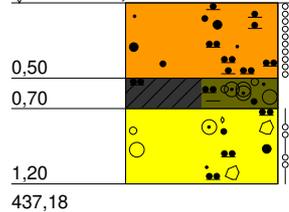
Plan-Nr:
Projekt-Nr: P24-0021
Datum: 25.07.2024
Maßstab: 1:50
Bearbeiter: C. Franken

NN+m

RKS 5 WEA 1



▽ NN+438,38m



- 0,50 Waldboden, Sand, schluffig, organisch, locker, (OH), dunkelbraun
- 0,20 Verwitterungslehm, Schluff, tonig, fein- bis mittelsandig, schwach kiesig bis kiesig, halbfest, (UL, TL), schwach kiesig = Sandsteinbruchstücke, braun
- 0,50 Verwitterungsboden, Kies, steinig, sandig, schwach schluffig bis schluffig, mitteldicht bis dicht, (GW), Kies / steinig = Sandsteinbruchstücke, grau

TÖNIGES GmbH
Beratende Geol. und Ing.
Kleines Feldlein 4
74889 Sinsheim
Tel.: 07261/9211-0

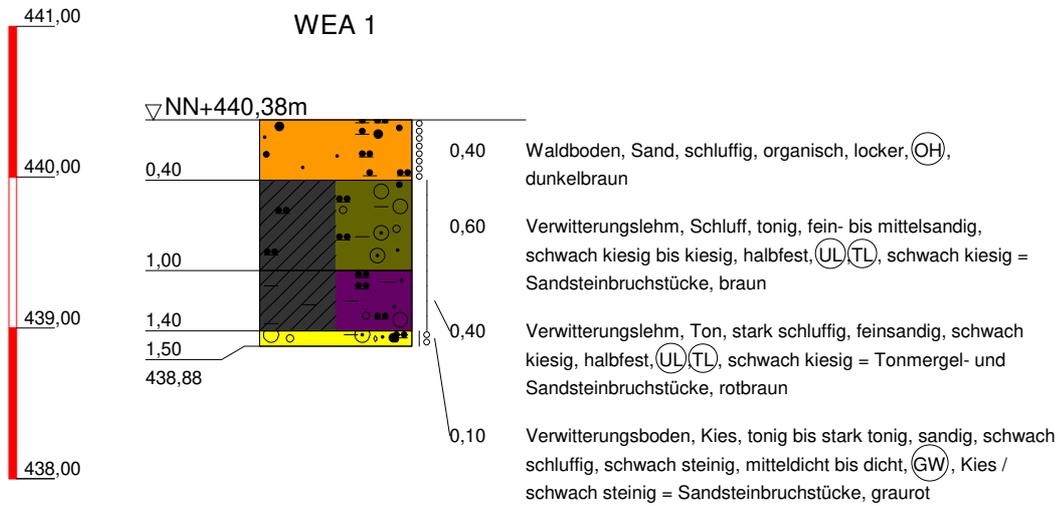
Bauvorhaben:
**Unterheimbach / Kreuzle
- Windenergieanlage -**

Planbezeichnung:
Schichtenprofile

Plan-Nr:
Projekt-Nr: P24-0021
Datum: 25.07.2024
Maßstab: 1:50
Bearbeiter: C. Franken

NN+m

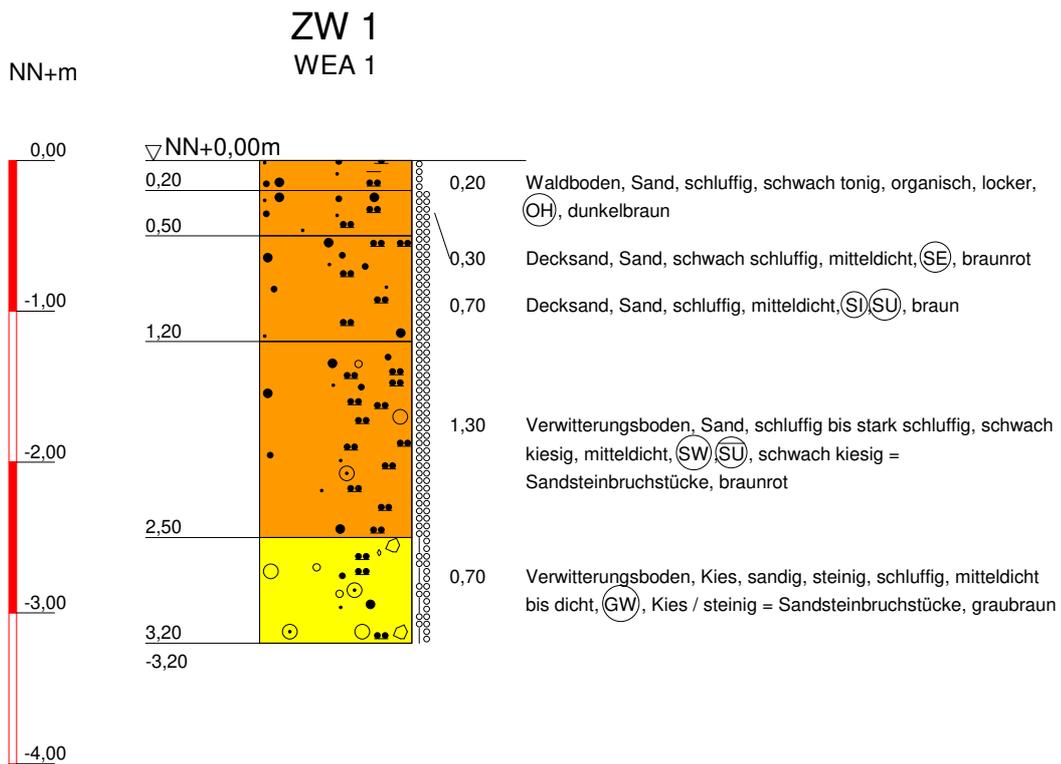
RKS 6 WEA 1



TÖNIGES GmbH
Beratende Geol. und Ing.
Kleines Feldlein 4
74889 Sinsheim
Tel.: 07261/9211-0

Bauvorhaben:
Unterheimbach / Kreuzle
- Windenergieanlage -
Planbezeichnung:
Schichtenprofile

Plan-Nr:
Projekt-Nr: P24-0021
Datum: 25.07.2024
Maßstab: 1:50
Bearbeiter: C. Franken



TÖNIGES GmbH
Beratende Geol. und Ing.
Kleines Feldlein 4
74889 Sinsheim
Tel.: 07261/9211-0

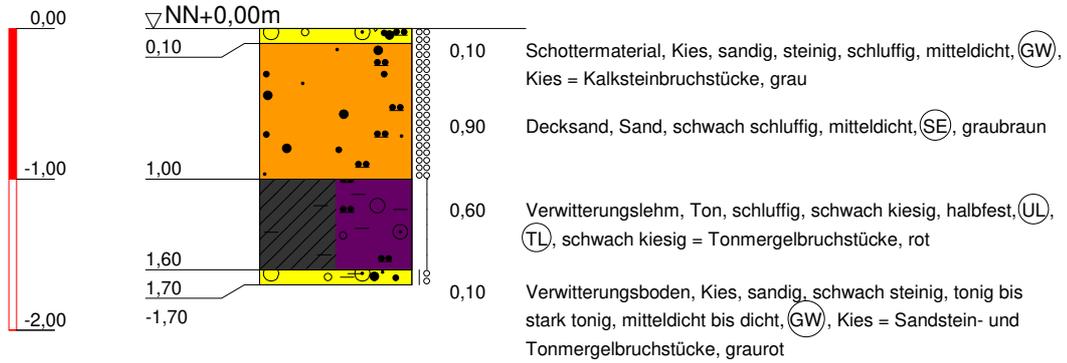
Bauvorhaben:
Unterheimbach / Kreuzle
- Windenergieanlage -

Planbezeichnung:
Schichtenprofile

Plan-Nr:	
Projekt-Nr:	P24-0021
Datum:	25.07.2024
Maßstab:	1:50
Bearbeiter:	C. Franken

ZW 2 WEA 1

NN+m



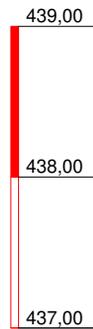
TÖNIGES GmbH
Beratende Geol. und Ing.
Kleines Feldlein 4
74889 Sinsheim
Tel.: 07261/9211-0

Bauvorhaben:
**Unterheimbach / Kreuzle
- Windenergieanlage -**

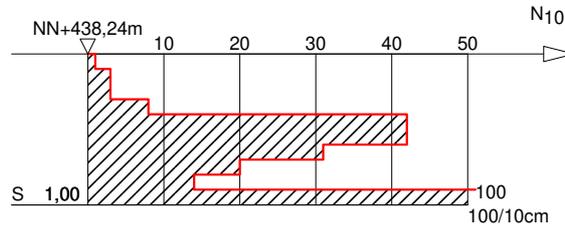
Planbezeichnung:
Schichtenprofile

Plan-Nr:	
Projekt-Nr:	P24-0021
Datum:	25.07.2024
Maßstab:	1:50
Bearbeiter:	C. Franken

NN+m



DPH 1 WEA 1



Tiefe	N ₁₀
0,10	1
0,20	3
0,30	3
0,40	8
0,50	42
0,60	42
0,70	31
0,80	20
0,90	14
1,00	100

TÖNIGES GmbH

Beratende Geol. und Ing.

Kleines Feldlein 4
74889 Sinsheim
Tel.: 07261/9211-0
Fax: 07261/9211-22

Bauvorhaben:

Unterheimbach / Kreuzle
- Windenergieanlage -

Planbezeichnung:

Rammsondierung

Plan-Nr:

Projekt-Nr: P24-0021

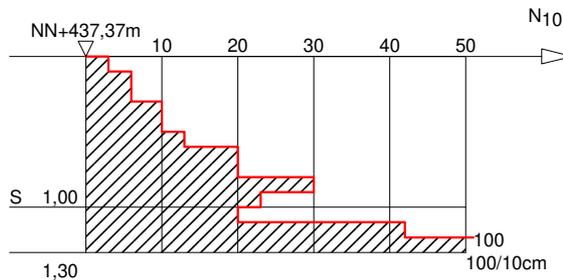
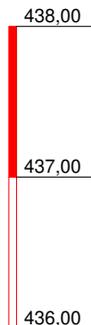
Datum: 24.07.2024

Maßstab: 1:50

Bearbeiter: C. Franken

NN+m

DPH 2 WEA 1



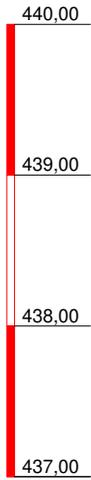
Tiefe	N ₁₀
0,10	3
0,20	6
0,30	6
0,40	10
0,50	10
0,60	13
0,70	20
0,80	20
0,90	30
1,00	23
1,10	20
1,20	42
1,30	100

TÖNIGES GmbH
Beratende Geol. und Ing.
Kleines Feldlein 4
74889 Sinsheim
Tel.: 07261/9211-0
Fax: 07261/9211-22

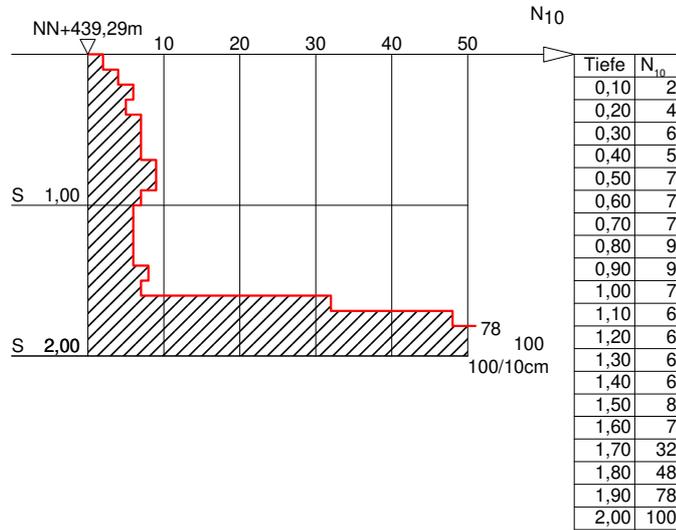
Bauvorhaben:
Unterheimbach / Kreuzle
- Windenergieanlage -
Planbezeichnung:
Rammsondierung

Plan-Nr:
Projekt-Nr: P24-0021
Datum: 24.07.2024
Maßstab: 1:50
Bearbeiter: C. Franken

NN+m



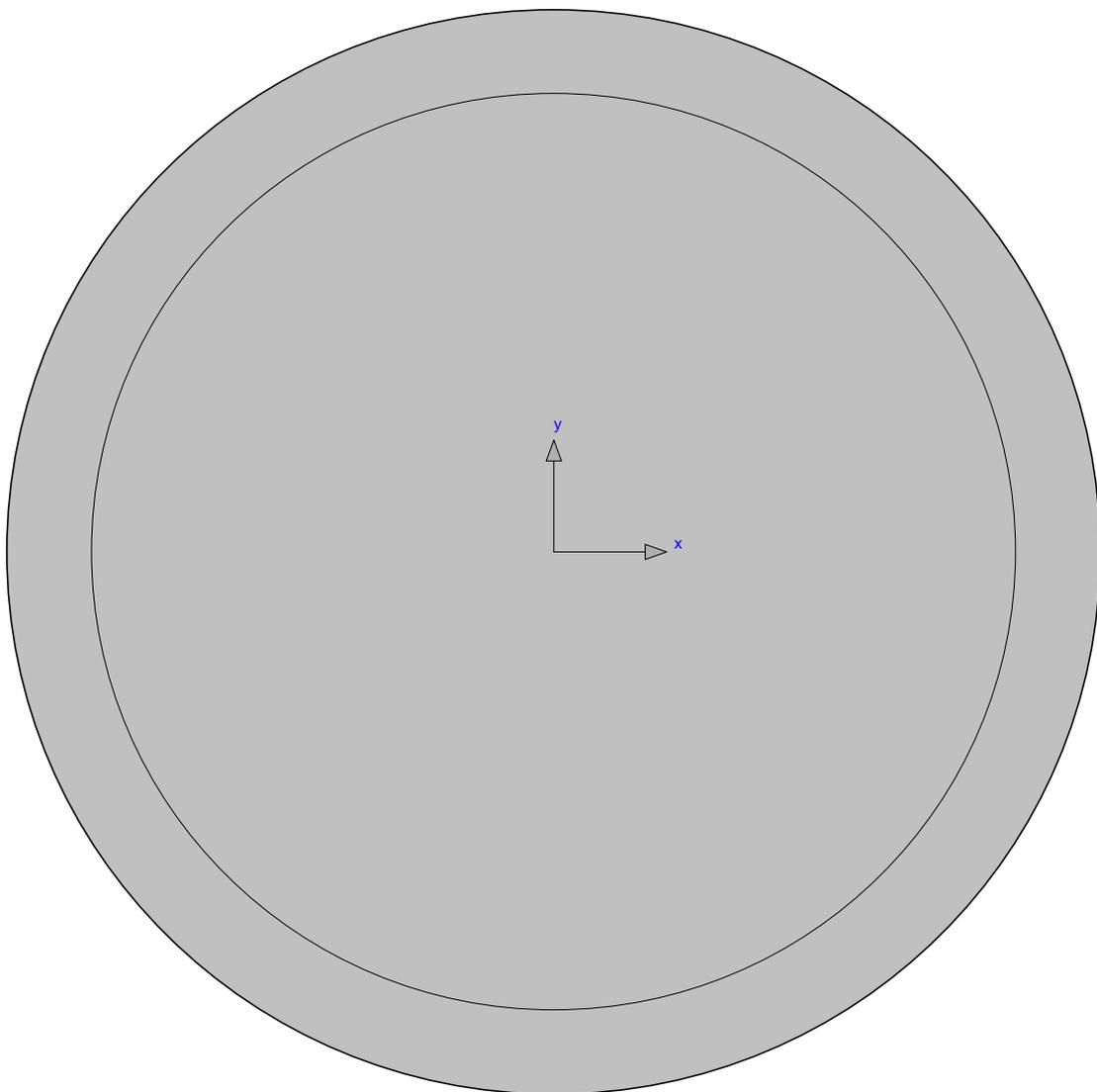
DPH 3 WEA 1



TÖNIGES GmbH
Beratende Geol. und Ing.
Kleines Feldlein 4
74889 Sinsheim
Tel.: 07261/9211-0
Fax: 07261/9211-22

Bauvorhaben:
Unterheimbach / Kreuzle
- Windenergieanlage -
Planbezeichnung:
Rammsondierung

Plan-Nr:
Projekt-Nr: P24-0021
Datum: 24.07.2024
Maßstab: 1:50
Bearbeiter: C. Franken



Platte 1

Bauvorhaben: Windpark Kreuzle
WEA 1

Planbezeichnung:

Projekt-Nr.: P24-0021

Plan-Nr.:

Maßstab: 1:200

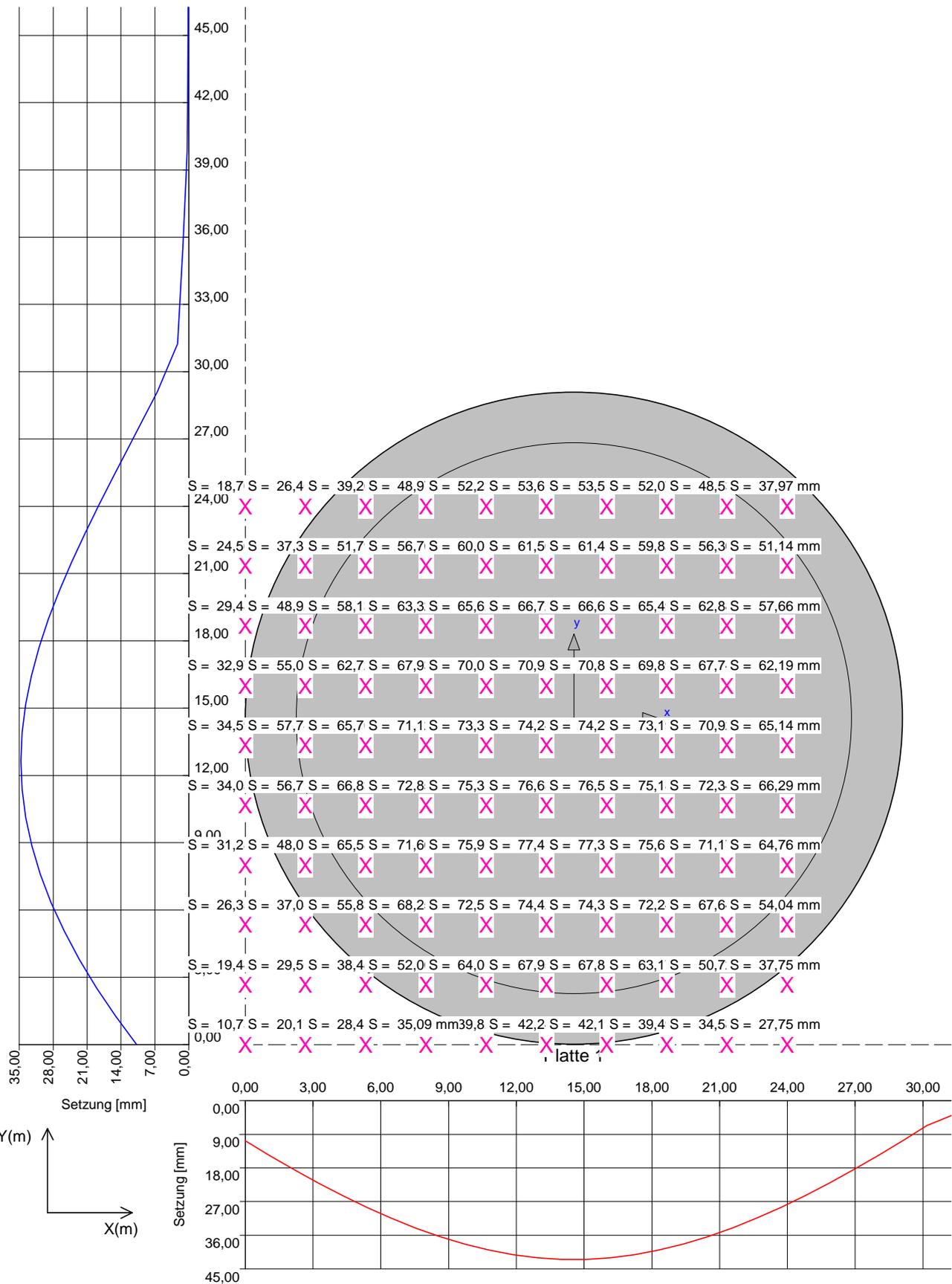
Datum:

Bearbeiter:



Töniges GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure

Kleines Feldlein 4 - D-74889 Sinsheim
Telefon :(+49)-(07261)/9211-0
Fax :(+49)-(07261)/9211-22



© by IDAT GmbH 1996-2015

Bauvorhaben: Windpark Kreuzle
WEA 1

Planbezeichnung:

Projekt-Nr.: P24-0021

Plan-Nr.:

Maßstab: 1:250

Datum:

Bearbeiter:



Töniges GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure

Kleines Feldlein 4 - D-74889 Sinsheim
Telefon :(+49)-(07261)/9211-0
Fax :(+49)-(07261)/9211-22

PROTOKOLL DER SETZUNGSBERECHNUNG

PROJEKTDATEN FÜR KREIS-PLATTE NR. 1:

Durchmesser der Platte : 29,10 m

Dicke der Platte : 2,90 m

Schwerpunkt der Platte X: 14,55 m Y: 14,55 m

Verschiebung des lokalen Referenzpunkts bzgl. des globalen Referenzpunkts x: 0,00 m, y: 0,00 m

BELASTUNG:

Fundamentlast:

Nr.	Angriffspunkt x[m]	Angriffspunkt y[m]	Last [kN]	Neigung [°]
1	0,00	0,00	0,00	270,00

Wichte des Betons = 25,00 kN/m³

Fundamenteigengewicht = 48218,52 kN

gleichmäßige Flächenlast: 250,00 kN/m²

Gesamtmoment um die x-Achse M_x: 192214,00 kNm

Gesamtmoment um die y-Achse M_y: 0,00 kNm

SCHICHTENKENNWERTE:

Nr.	Tiefe [m]	Gamma [kN/m ³]	E-Modul [MN/m ²]	W-Modul [MN/m ²]	Poissonszahl [-]	kf-Wert [m/s]
1	1,00	19,50	60,00	60,00	0,30	5,000e-004
2	10,00	23,00	40,00	40,00	0,30	1,000e-006

SOHLDRUCKBERECHNUNG:

Tiefe der Plattenunterkante unter GOK = 0,000 m

Aushubentlastung = 0,000 kN/m²

weitere Vorbelastungen = 0,000 kN/m²

SETZUNGSBERECHNUNG:

Setzungsort: x = 8,000 m, y = 0,000 m, z = 0,000 m

bezogen auf GOK

Grenztiefe = 0,000 m

Abbruchkriterium bzgl. Überlagerungsdruck = 0,000

Tiefe [m]	Spannung [kN/m ²]	spezif. Setzung [mm]	Gesamtsetzung [mm]
0,00	162,125		
		0,27	0,3
0,10	161,764		
		0,27	0,5
0,20	161,404		
		0,27	0,8

Bauvorhaben: Windpark Kreuzle
WEA 1

Planbezeichnung:

Projekt-Nr.: P24-0021

Plan-Nr.:

Datum:

Bearbeiter:



Töniges GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure

Kleines Feldlein 4 - D-74889 Sinsheim
Telefon :(+49)-(07261)/9211-0
Fax :(+49)-(07261)/9211-22

Tiefe [m]	Spannung [kN/m ²]	spezif. Setzung [mm]	Gesamtsetzung [mm]
0,30	161,043		
		0,27	1,1
0,40	160,682		
		0,27	1,3
0,50	160,322		
		0,27	1,6
0,60	159,961		
		0,27	1,9
0,70	159,601		
		0,27	2,1
0,80	159,240		
		0,27	2,4
0,90	158,879		
		0,26	2,7
1,00	158,519		
		0,32	3,0
1,10	158,158		
		0,39	3,4
1,20	157,798		
		0,39	3,8
1,30	157,437		
		0,39	4,2
1,40	157,076		
		0,39	4,6
1,50	156,716		
		0,39	5,0
1,60	156,355		
		0,39	5,3
1,70	155,994		
		0,39	5,7
1,80	155,634		
		0,39	6,1
1,90	155,273		
		0,39	6,5
2,00	154,913		
		0,39	6,9
2,10	154,552		
		0,39	7,3
2,20	154,191		
		0,39	7,7
2,30	153,831		
		0,38	8,1
2,40	153,470		
		0,38	8,4
2,50	153,109		
		0,38	8,8
2,60	152,749		
		0,38	9,2
2,70	152,388		
		0,38	9,6
2,80	152,028		
		0,38	10,0
2,90	151,667		

Bauvorhaben: Windpark Kreuzle
WEA 1

Planbezeichnung:

Projekt-Nr.: P24-0021

Plan-Nr.:

Datum:

Bearbeiter:



Töniges GmbH

Beratende Geologen
und Ingenieure

Kleines Feldlein 4 - D-74889 Sinsheim

Telefon :(+49)-(07261)/9211-0

Fax :(+49)-(07261)/9211-22

Tiefe [m]	Spannung [kN/m ²]	spezif. Setzung [mm]	Gesamtsetzung [mm]
		0,38	10,3
3,00	151,366		
		0,38	10,7
3,10	151,073		
		0,38	11,1
3,20	150,779		
		0,38	11,5
3,30	150,485		
		0,38	11,8
3,40	150,191		
		0,38	12,2
3,50	149,897		
		0,37	12,6
3,60	149,603		
		0,37	13,0
3,70	149,309		
		0,37	13,3
3,80	149,016		
		0,37	13,7
3,90	148,722		
		0,37	14,1
4,00	148,428		
		0,37	14,5
4,10	148,134		
		0,37	14,8
4,20	147,840		
		0,37	15,2
4,30	147,546		
		0,37	15,6
4,40	147,252		
		0,37	15,9
4,50	146,958		
		0,37	16,3
4,60	146,665		
		0,37	16,7
4,70	146,371		
		0,37	17,0
4,80	146,077		
		0,36	17,4
4,90	145,783		
		0,36	17,8
5,00	145,489		
		0,36	18,1
5,10	145,195		
		0,36	18,5
5,20	144,901		
		0,36	18,8
5,30	144,608		
		0,36	19,2
5,40	144,314		
		0,36	19,6
5,50	144,020		
		0,36	19,9

Bauvorhaben: Windpark Kreuzle
WEA 1

Planbezeichnung:

Projekt-Nr.: P24-0021

Plan-Nr.:

Datum:

Bearbeiter:



Töniges GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure

Kleines Feldlein 4 - D-74889 Sinsheim
Telefon :(+49)-(07261)/9211-0
Fax :(+49)-(07261)/9211-22

Tiefe [m]	Spannung [kN/m ²]	spezif. Setzung [mm]	Gesamtsetzung [mm]
5,60	143,726		
		0,36	20,3
5,70	143,432		
		0,36	20,6
5,80	143,138		
		0,36	21,0
5,90	142,871		
		0,36	21,4
6,00	142,610		
		0,36	21,7
6,10	142,349		
		0,36	22,1
6,20	142,088		
		0,35	22,4
6,30	141,827		
		0,35	22,8
6,40	141,566		
		0,35	23,1
6,50	141,305		
		0,35	23,5
6,60	141,044		
		0,35	23,8
6,70	140,784		
		0,35	24,2
6,80	140,523		
		0,35	24,5
6,90	140,262		
		0,35	24,9
7,00	140,001		
		0,35	25,2
7,10	139,740		
		0,35	25,6
7,20	139,479		
		0,35	25,9
7,30	139,218		
		0,35	26,3
7,40	138,957		
		0,35	26,6
7,50	138,696		
		0,35	27,0
7,60	138,435		
		0,35	27,3
7,70	138,175		
		0,35	27,7
7,80	137,914		
		0,34	28,0
7,90	137,653		
		0,34	28,4
8,00	137,392		
		0,34	28,7
8,10	137,131		
		0,34	29,0
8,20	136,870		

Bauvorhaben: Windpark Kreuzle
WEA 1

Planbezeichnung:

Projekt-Nr.: P24-0021

Plan-Nr.:

Datum:

Bearbeiter:



Töniges GmbH

Beratende Geologen
und Ingenieure

Kleines Feldlein 4 - D-74889 Sinsheim

Telefon :(+49)-(07261)/9211-0

Fax :(+49)-(07261)/9211-22

Tiefe [m]	Spannung [kN/m ²]	spezif. Setzung [mm]	Gesamtsetzung [mm]
		0,34	29,4
8,30	136,609		
		0,34	29,7
8,40	136,348		
		0,34	30,1
8,50	136,087		
		0,34	30,4
8,60	135,826		
		0,34	30,7
8,70	135,566		
		0,34	31,1
8,80	135,274		
		0,34	31,4
8,90	134,970		
		0,34	31,8
9,00	134,666		
		0,34	32,1
9,10	134,362		
		0,34	32,4
9,20	134,058		
		0,33	32,8
9,30	133,754		
		0,33	33,1
9,40	133,450		
		0,33	33,4
9,50	133,146		
		0,33	33,8
9,60	132,842		
		0,33	34,1
9,70	132,538		
		0,33	34,4
9,80	132,234		
		0,33	34,8
9,90	131,930		
		0,33	35,1
10,00	131,625		

Gesamtsetzung = 35,1 mm

Gesamtsetzung incl. Korrekturbeiwert (= 1,00) = 35,1 mm

Bauvorhaben: Windpark Kreuzle
WEA 1

Planbezeichnung:

Projekt-Nr.: P24-0021

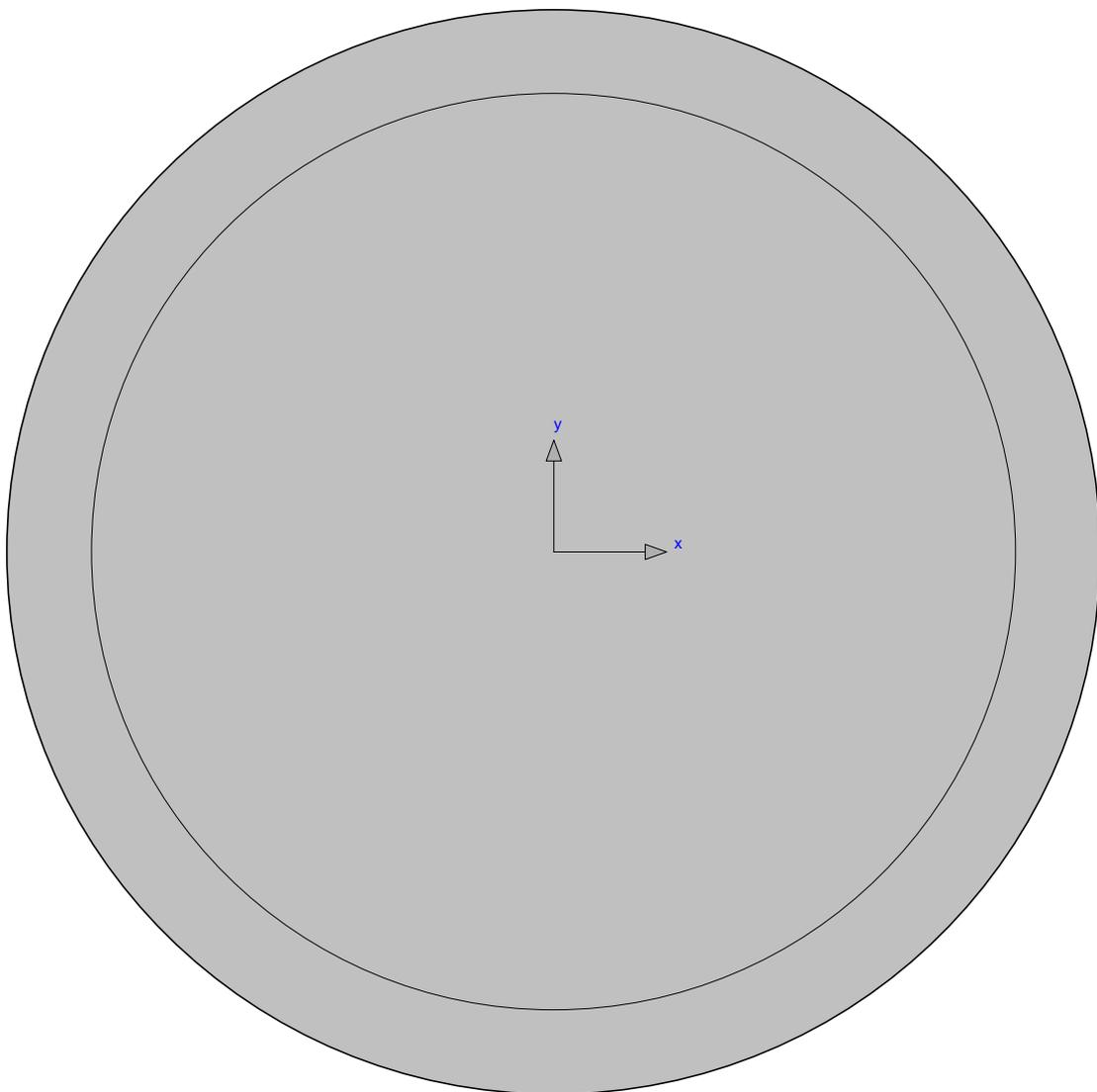
Plan-Nr.:

Datum:

Bearbeiter:



Töniges GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Kleines Feldlein 4 - D-74889 Sinsheim
Telefon :(+49)-(07261)/9211-0
Fax :(+49)-(07261)/9211-22



Platte 1

Bauvorhaben: Windpark Kreuzle
WEA 1

Planbezeichnung:

Projekt-Nr.: P24-0021

Plan-Nr.:

Maßstab: 1:200

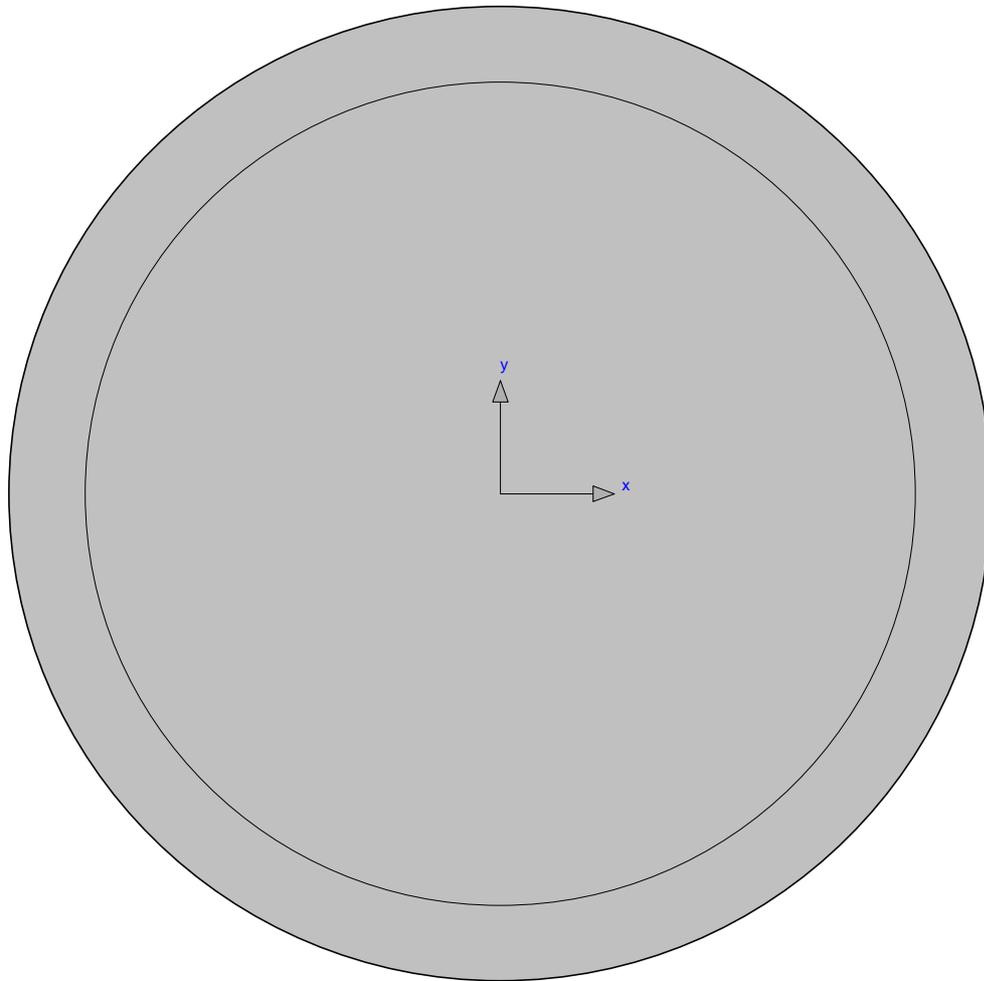
Datum:

Bearbeiter:



Töniges GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure

Kleines Feldlein 4 - D-74889 Sinsheim
Telefon :(+49)-(07261)/9211-0
Fax :(+49)-(07261)/9211-22



Platte 1

Berechnung der Verkantung (Verdrehungswinkel der Gründungsfläche):

Platten Nr.	s [mm] rechts 0°	s [mm] oben 90°	s [mm] links 180°	s [mm] unten 270°	Verkantung [-] in X-Richtung	Verkantung in Y-Richtung
1	42,506	34,104	0,539	0,450	1,445222	1,153438

Bauvorhaben: Windpark Kreuzle
WEA 1

Planbezeichnung:

Projekt-Nr.: P24-0021

Plan-Nr.:

Maßstab: 1:225

Datum:

Bearbeiter:



Töniges GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure

Kleines Feldlein 4 - D-74889 Sinsheim
Telefon :(+49)-(07261)/9211-0
Fax :(+49)-(07261)/9211-22

PROTOKOLL DER SETZUNGSBERECHNUNG

PROJEKTDATEN FÜR KREIS-PLATTE NR. 1:

Durchmesser der Platte : 29,10 m

Dicke der Platte : 2,90 m

Schwerpunkt der Platte X: 14,55 m Y: 14,55 m

Verschiebung des lokalen Referenzpunkts bzgl. des globalen Referenzpunkts x: 0,00 m, y: 0,00 m

BELASTUNG:

Fundamentlast:

Nr.	Angriffspunkt x[m]	Angriffspunkt y[m]	Last [kN]	Neigung [°]
1	0,00	0,00	0,00	270,00

Wichte des Betons = 25,00 kN/m³

Fundamenteigengewicht = 48218,52 kN

gleichmäßige Flächenlast: 250,00 kN/m²

Gesamtmoment um die x-Achse M_x: 192214,00 kNm

Gesamtmoment um die y-Achse M_y: 0,00 kNm

SCHICHTENKENNWERTE:

Nr.	Tiefe [m]	Gamma [kN/m ³]	E-Modul [MN/m ²]	W-Modul [MN/m ²]	Poissonszahl [-]	kf-Wert [m/s]
1	1,00	19,50	60,00	60,00	0,30	5,000e-004
2	10,00	23,00	40,00	40,00	0,30	1,000e-006

SOHLDRUCKBERECHNUNG:

Tiefe der Plattenunterkante unter GOK = 0,000 m

Aushubentlastung = 0,000 kN/m²

weitere Vorbelastungen = 0,000 kN/m²

Berechnung der Verkantung (Verdrehungswinkel der Gründungsfläche):

Platte Nr.	Setzung im Randbereich der Platte				Verkantung in X-Richtung	Verkantung in Y-Richtung
	links 0° [mm]	oben 90° [mm]	rechts 180° [mm]	unten 270° [mm]		
1	42,51	34,10	0,54	0,45	1,445222	1,153438

Verkantung in der X-Richtung = 1,44522 [-]

Verkantung in der Y-Richtung = 1,15344 [-]

Bauvorhaben: Windpark Kreuzle
WEA 1

Planbezeichnung:

Projekt-Nr.: P24-0021

Plan-Nr.:

Datum:

Bearbeiter:



Töniges GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure

Kleines Feldlein 4 - D-74889 Sinsheim
Telefon :(+49)-(07261)/9211-0
Fax :(+49)-(07261)/9211-22

Müller & Weit Geotechnik

Abt: Labor/Bodenmechanik

74889 Sinsheim, Kleines Feldlein 4

Tel:07261-978688 Fax:07261-978861 mail:m.w.geotechnik@gmx.de

Entnahmestelle: Mischprobe

Entnahmetiefe: RKS 1+2+4+5+6

Proctorkurve nach DIN 18 127

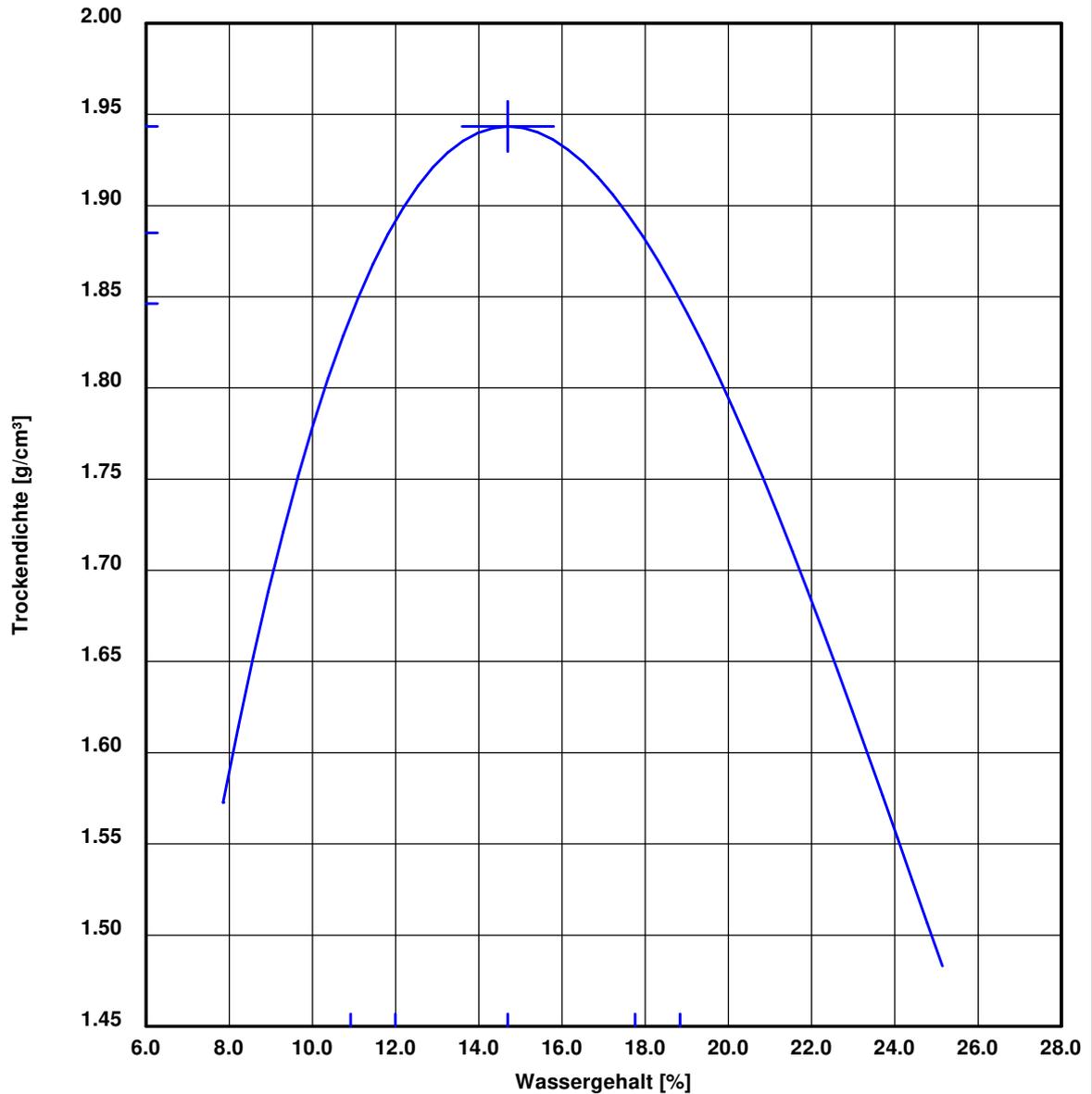
Kreuzle, Windpark
P24-0021

Bodenart: Verw. Lehm/Verw. Bo.

Natürlicher Wassergehalt: 14,25 %

Bearbeiter: M&W

Datum: 04.09.2024



100 % der Proctordichte $\rho_{Pr} = 1.943 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{Pr} = 14.7 \%$

97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.885 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 12.0 / 17.8 \%$

95.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.846 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 10.9 / 18.8 \%$

**Projekt:****Kreuzle, Windpark****P24-0021****Datum:****04.09.2024****Bestimmung des Wassergehalts nach DIN 18121**

Entnahmestelle	Tiefe	Bodenart	Probe feucht	Probe trocken	Behälter	Wassergehalt
	[m]		[g]	[g]	[g]	[%]
RKS 2	0,3-0,5	Decklehm	210,51	193,33	75,84	14,62
RKS 4	0,4-0,9	Verw.Lehm	194,48	178,83	74,36	14,98
RKS 5	0,5-1,7	Verw.Lehm	178,58	166,72	74,15	12,81
RKS 6	0,4-1,4	Verw.Lehm	209,02	192,67	67,40	13,05