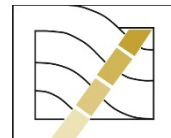


Geotechnischer Bericht

Windpark Erlinghausen Neubau von 6 Windkraftanlagen (Seite NRW)

Auftraggeber: **WP Rotes Land Erlinghausen GmbH & Co. KG**
Ringstraße 27
34431 Marsberg

Auftragnehmer: **DAS BAUGRUND INSTITUT**
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolfhager Straße 427
34128 Kassel
Tel.: 0561/96994-0
kassel@dasbaugrundinstitut.de



Bearbeiter: Dr.-Ing. Viktoria Schwarz
Dipl.-Geol. T. Deichmann

Projekt Nr.: 222/23 G1rev01

Datum: 17.09.2024 / 17.09.2025



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. BAUVORHABEN	4
2. GEOLOGIE UND BODENAUFSCHLÜSSE.....	6
2.1 LAGE DES STANDORTES	6
2.2 GEOLOGISCHER ÜBERBLICK	6
2.3 HYDROGEOLOGISCHER ÜBERBLICK.....	7
2.4 BODENAUFSCHLÜSSE	7
3. BAUTECHNISCHE BESCHREIBUNG	10
3.1 BAUGRUND	10
3.2 RAMMSONDIERUNGEN	11
3.3 BAUGRUNDMODELL	12
3.4 GRUNDWASSER.....	14
4. BODENMECHANISCHE LABORUNTERSUCHUNGEN.....	14
4.1 UNTERSUCHUNGSUMFANG	14
4.2 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE.....	15
5. CHEMISCHE LABORUNTERSUCHUNGEN.....	17
5.1 BEWERTUNGSGRUNDLAGEN	17
5.2 PROBENZUSAMMENSTELLUNG AUSHUBBÖDEN	18
5.3 EINSTUFUNG DER AUSHUBBÖDEN	18
6. HOMOGENBEREICHE NACH DIN 18300	20
6.1 CHARAKTERISIERUNG HOMOGENBEREICHE	20
6.2 BODENKLASSEN.....	22
7. BODENKENNWERTE.....	23
8. GRÜNDUNG	25
8.1 ANFORDERUNGEN UND BERECHNUNGSGRUNDLAGEN NORDEX N163/6.X	25
8.2 BERECHNUNGSERGEBNISSE FÜR FLACHGRÜNDUNG AUF POLSTER M-WEA 1	26
8.3 ANFORDERUNGEN UND BERECHNUNGSGRUNDLAGEN NORDEX N175/6.X	27
8.4 BERECHNUNGSERGEBNISSE FÜR FLACHGRÜNDUNG AUF POLSTER M-WEA 2	29
8.5 FLACHGRÜNDUNG FÜR DIE EINZELNEN ANLAGENSTANDORTE	30
8.6 HINWEISE ZUR GRÜNDUNG.....	33
9. ZUFAHRTEN, KRANSTELLFLÄCHEN	35
10. BAUTECHNISCHE EMPFEHLUNGEN	37



11. WEITERFÜHRENDE UNTERSUCHUNGEN	39
12. SCHLUSSBEMERKUNGEN	40

Anlagen

Anlage 1: Lagepläne

Anlage 1.1: Übersichtsplageplan

Anlage 1.2: Übersichtslageplan WEA NRW

Anlage 1.3: Lageplan WEA 1 NRW

Anlage 1.4: Lageplan WEA 2 NRW

Anlage 1.5: Lageplan WEA 3 NRW

Anlage 1.6: Lageplan WEA 4 NRW

Anlage 1.7: Lageplan WEA 5 NRW

Anlage 1.8: Lageplan WEA 6 NRW

Anlage 2: Schnitte/Einzeldarstellungen

Anlage 2.1: Schnitte WEA 1

Anlage 2.2: Schnitte WEA 2

Anlage 2.3: Schnitte WEA 3

Anlage 2.4: Schnitte WEA 4

Anlage 2.5: Schnitte WEA 5

Anlage 2.6: Schnitte WEA 6

Anlage 3: Schichtenverzeichnisse

Anlage 4: Bodenmechanische Laborergebnisse

Anlage 5: Chemische Laborergebnisse

Anlage 6: Fundamentdiagramme



1. Bauvorhaben

Die IngenieurNetzwerk Energie eG plant im Auftrag der **WP Rotes Land Erlinghausen GmbH & Co. KG** den Neubau von aktuell sechs (ursprünglich fünf) Windenergieanlagen (WEA) nördlich von Erlinghausen auf nordrhein-westfälischer Seite.

Mit der Durchführung von geotechnischen Untersuchungen und der Ausarbeitung eines entsprechenden Baugrundgutachtens wurde **DAS BAUGRUND INSTITUT Dipl.-Ing. Knierim GmbH, Kassel** beauftragt.

Ziel der Baugrunduntersuchung ist, die stoffliche Zusammensetzung des Materials im Untergrund und dessen bautechnische Qualität zu untersuchen und die Ergebnisse der Baugrunduntersuchung mit Bezug auf das geplante Bauvorhaben auszuwerten.

Als Grundlage für die Bearbeitung wurden uns vom Auftraggeber bzw. Planer folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- /1/ Lageplan Windpark Rotes Land, M1:6250, 17.11.2023
- /2/ Fundamente WEA 1- WEA 5,
M1:250, 23.02.2024, 5 Blätter
- /3/ Dauerhafte Zuwegung Erlinghausen und Neudorf, M 1:12.500, 20.11.2023
- /4/ Anforderungen an Baugrundgutachten für Gründungen von Vestas-Windenergieanlagen und deren Kranstellflächen und Zuwegungen, 08.07.2020

Darüber hinaus wird Bezug genommen auf

- /5/ Geologische Karten von Nordrhein-Westfalen, M1:200.000

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden im November 2023 an den fünf ursprüngliche geplanten Anlagenstandorten Untersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse der hierfür ausgeführten Untersuchungen und der sich daraus ergebenden Folgerungen und Empfehlungen sind in dem geotechnischen Gutachten vom 17.09.2024 dargestellt.



- /6/ DAs BAUGRUND INSTITUT Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Geotechnisches Gutachten
Windpark Erlinghausen
Neubau von 5 Windkraftanlagen (Seite NRW)
Gutachten 222/23 G01 vom 17.09.2024

Zwischenzeitlich wurde die Planung geändert. Der Standort der WEA 1 wurde geändert. Es ist ein weiterer Standort – WEA 6 – geplant. Ursprünglich waren Anlagen vom Typ Vestas vorgesehen. Aktuell ist vorgesehen, an den Standorten WEA 1 und WEA 6 Anlagen vom Typ NORDEX N163/6.X TCS 164 aufzustellen. An den Standorten WEA 2, WEA 3, WEA 4 und WEA 5 sind nun Anlagen vom Typ NORDEX N175/6.X TCS 179 geplant. Die Planungshöhen wurden aktualisiert.

Für die Standorte WEA 1 und WEA 6 wurden weitere Untersuchungen zur Baugrunderkundung erforderlich.

Mit der E-Mail vom 28.08.2025 wurden uns von der INeG aktuelle Unterlagen vorgelegt.

- /7/ IngenieurNetzwerk eG
23-0068 Windpark Erlinghausen
Errichtung und Betrieb von Windenergieanlagen
Lagepläne M-WEA 1, M-WEA 2, M-WEA 3, M-WEA 4, M-WEA 5, M-WEA 6
Maßstab 1 : 1.000
Stand 02.06.2025
- /8/ MAX BÖGL
NORDEX Windenergieanlage
N163/6.X TCS164-B03 (N23)
Hybridturm 164m NH
Schalplan Fundament Ø 25,50 m
Maßstab 1 : 50 / 1 : 25 / 1 : 10
Stand 28.11.2022
- /9/ NORDEX
Fundamente NORDEX N175/6.X
Stand 29.04.2024



Mit der E-Mail vom 28.08.2025 wurden uns von der INeG aktuelle Unterlagen vorgelegt.

/10/ Nordex
Fundament-Beispiel ohne Auftrieb TCS179N-00
Stand 10.12.2024

/11/ Nordex
Fundament-Beispiel mit Auftrieb TCS179N-00
Stand 02.09.2024

2. Geologie und Bodenaufschlüsse

2.1 Lage des Standortes

Die Standorte der fünf geplanten Windräder befinden sich nördlich der Ortslage Erlinghausen. Die Baubereiche befinden sich auf einem Höhenniveau von rd. 340 - 375 m NN - und sind dem Übersichtslageplan (Anlage 1.1) zu entnehmen.

2.2 Geologischer Überblick

Die Baufläche befindet sich im Übergang von Böden des **Unteren Buntsandsteins** zu den Böden **des Zechstein**, s. Anlage 1.1. Im tieferen Untergrund sind im Untersuchungsgebiet überwiegend die Formationen des Unteren Buntsandsteins zu erwarten, die überwiegend aus Sandsteinen (eher feinkörnige Sandsteine) und untergeordnet Ton-/Schluffsteinen gebildet werden. Teilweise stehen auch Tonsteine (Salzton), Dolomitsteine (Plattendolomit), Kalksteine, Anhydrit, Sandsteine oder Konglomerate des Zechsteins an.

Diese Abfolgen werden zunächst von den Verwitterungsmaterialien der anstehenden Gesteine sowie von quartären Deckschichten (Hanglehme und lokal Hangschutt) überlagert, die überwiegend nur geringe Mächtigkeiten aufweisen.

Die Bauflächen sind als Karstgebiet ausgewiesen. Entsprechend sind Erdfälle nicht auszuschließen.



Entsprechend der DIN EN 1998-1/NA (2011-01) liegt der Untersuchungsbereich außerhalb von Erdbebenzonen.

2.3 Hydrogeologischer Überblick

Aufgrund der Morphologie ist im Untersuchungsgebiet nicht davon auszugehen, dass oberflächennah ein größerer, durchgehender Grundwasserhorizont vorhanden ist.

Oberflächennahe Stau- oder Schichtwasserhorizonte sind jedoch nicht auszuschließen. Die rolligen Verwitterungsprodukte sind als wasserdurchlässig einzustufen, die bindigen Schluffe und Tone als schwach bis sehr schwach durchlässig. Schichtwasserführung ist insbesondere in grobkörnigen Sedimenten zu erwarten.

Die Maßnahme befindet sich in einem Wasserschutzgebiet der Zone III.

2.4 Bodenaufschlüsse

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden von der Baugrunderkundung Nord GmbH im November 2023 an den fünf geplanten Anlagenstandorten und den benachbarten Kranstellflächen insgesamt

30 Kleinrammbohrungen

zur Feststellung des Bodenaufbaus ausgeführt.

Ergänzend hierzu wurden im Hinblick auf die Lagerungsdichte und die Tragfähigkeitseigenschaften der Schichten im Untergrund an den geplanten Anlagenstandorten / WEA sowie an den Kraniaufstellflächen insgesamt

26 Schwere Rammsondierungen (DPH)

im Nahbereich der Bohrsondierungen durchgeführt, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.



Im Mai 2025 wurden weitere 11 Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen ausgeführt.

Windenergieanlage M-WEA 1

5 Kleinrammbohrungen KRB 101 – KRB 105

5 schwere Rammsondierungen DPH 101 – DPH 105

Windenergieanlage M-WEA 6

6 Kleinrammbohrungen KRB 601 – KRB 606

6 schwere Rammsondierungen DPH 601 – DPH 606

Die Aufschlüsse für die WEA wurden jeweils in den Viertelkreispunkten positioniert und eingemessen.

Die Lage der einzelnen Aufschlusspunkte ist den Lageplänen der standortbezogenen Anlagen zu entnehmen (Anlage 1.3 bis Anlage 1.8).

Die bei den Bohrsondierungen aufgeschlossenen Bodenprofile sind ingenieurgeologisch aufgenommen worden. Die Ergebnisse der Bodenaufschlüsse sind in Form von Profilbalken und Rammogrammen in den standortbezogenen Schnitten (in Anlage 2.1 – 2.6) dargestellt. Die im Einzelnen bei den Baugrundaufschlussarbeiten angetroffenen Bodenprofile sind in Schichtenverzeichnissen eingetragen, die in Anlage 3 beigelegt sind.

Nachfolgend sind die Untersuchungsansatzpunkte der geotechnischen Erkundung tabellarisch zusammenstellt:

Tabelle 1: Lage und Höhe der Ansatzpunkte (Lagesystem: UTM32)

Datum	Aufschluss Nr./ Rammsondierung	Rechtswert	Hochwert	Höhe (m NHN)
20.11.2023	DPH/ M- WEA 1-01	492360.825	5701402.541	345,315
20.11.2023	DPH/ M- WEA 1-02	492378.428	5701392.875	345,732
20.11.2023	DPH/ M- WEA 1-03	492369.362	5701376.102	344,634
20.11.2023	DPH/ M- WEA 1-04	492351.601	5701384.528	344,127
20.11.2023	DPH/ M- WEA 1-05	492378.270	5701349.471	343,790
20.11.2023	DPH/ M- WEA 1-06	492411.475	5701338.840	344,760
20.11.2023	DPH/ M- WEA 2-01	492782.386	5701277.040	350,076
20.11.2023	DPH/ M- WEA 2-02	492772.936	5701259.425	351,616



Datum	Aufschluss Nr./ Rammsondierung	Rechtswert	Hochwert	Höhe (m NHN)
21.11.2023	DPH/ M- WEA 2-03	492752.831	5701269.320	350,177
20.11.2023	DPH/ M- WEA 2-04	492764.757	5701286.874	348,153
21.11.2023	DPH/ M- WEA 2-05	492721.560	5701275.030	349,952
21.11.2023	DPH/ M- WEA 2-06	492714.899	5701240.624	352,259
21.11.2023	DPH/ M- WEA 3-01	492805.884	5700761.459	367,291
21.11.2023	DPH/ M- WEA 3-02	492815.571	5700777.949	366,929
21.11.2023	DPH/ M- WEA 3-03	492832.968	5700769.307	365,900
21.11.2023	DPH/ M- WEA 3-04	492823.939	5700752.383	366,050
22.11.2023	DPH/ M- WEA 3-05	492868.863	5700797.305	364,360
22.11.2023	DPH/ M- WEA 3-06	492860.743	5700764.883	363,970
22.11.2023	DPH/ M- WEA 4-01	492938.999	5700402.139	375,161
22.11.2023	DPH/ M- WEA 4-02	492919.727	5700410.722	375,430
22.11.2023	DPH/ M- WEA 4-03	492929.431	5700429.941	374,967
22.11.2023	DPH/ M- WEA 4-04	492948.208	5700420.653	374,538
22.11.2023	DPH/ M- WEA 4-05	492935.223	5700459.799	373,716
22.11.2023	DPH/ M- WEA 4-06	492901.685	5700464.379	374,294
21.11.2023	DPH/ M- WEA 5-01	493178.947	5701115.732	356,693
21.11.2023	DPH/ M- WEA 5-02	493176.614	5701135.716	357,917
21.11.2023	M- WEA 5-03	493195.790	5701139.546	356,786
21.11.2023	M- WEA 5-04	493200.475	5701119.736	355,273
21.11.2023	M- WEA 5-05	493222.779	5701153.791	355,712
21.11.2023	M- WEA 5-06	493209.834	5701185.021	358,165
Ergänzende Aufschlüsse neuer Standort M-WEA 1				
21.05.2025	KRB/DPH 101	492294,37	5701316,67	341,19
22.05.2025	KRB/DPH 102	492319,76	5701316,59	341,67
21.05.2025	KRB/DPH 103	492307,42	5701302,27	341,88
21.05.2025	KRB/DPH 104	492307,14	5701327,90	340,98
21.05.2025	KRB/DPH 105	492364,22	5701296,49	343,85
Ergänzende Aufschlüsse neuer Standort M WEA 6				
20.05.2025	KRB/DPH 601	492301,14	5700944,32	364,51
20.05.2025	KRB/DPH 602	492324,60	5700934,49	364,01
20.05.2025	KRB/DPH 603	492308,27	5700926,35	364,63
20.05.2025	KRB/DPH 604	492317,21	5700950,29	363,80
21.05.2025	KRB/DPH 605	492358,88	5700899,98	363,78
21.05.2025	KRB/DPH 606	492372,60	5700933,30	362,24



3. Bautechnische Beschreibung

3.1 Baugrund

Der geologische Aufbau des Untergrundes im Baubereich der geplanten Standorte ist den Schnitten und Einzeldarstellungen (Anlage 2) zu entnehmen.

Bei den Baugrundaufschlüssen wurden unterhalb des Oberbodens/Mutterbodens folgende Baugrundsichten angetroffen:

Homogenbereich 1: Deckschicht (Hanglehm/Hangschutt)

Unterhalb der geringmächtigen Mutterbodenbedeckung (Wiesen- und Ackerboden) folgen überwiegend im Bereich der WEA 2, WEA 3 und WEA 4 braune bis rote Deckschichten aus Schluff-Ton-Sand-Gemischen mit einer überwiegend weichen bis steif – halbfesten Konsistenz.

Bereichsweise überwiegt der Sandanteil. In der Bohrung M-WEA 3-01 wurde in der Deckschicht eine Lage sandiger Kies angetroffen.

Bei den ergänzenden Aufschlüssen an dem neuen Standort der M WEA 1 wurden überwiegend lehmige quartäre Deckschichten erkundet.

Bei den ergänzenden Aufschlüssen an dem neuen Standort der M WEA 6 wurden lehmige quartäre Deckschichten und Hangschutt erkundet.

Die quartären Deckschichten sind als mäßig tragfähig einzuschätzen.

Homogenbereich 2: Verwitterungsprodukte des Buntsandsteins/Zechsteins

Unterhalb der Deckschichten bzw. unmittelbar unterhalb des Oberbodens wurden die Verwitterungsprodukte der hier anstehenden Sandsteine/Tonsteine/Kalksteine in Form wechselnd kiesiger, wechselnd sandiger, wechselnd schluffiger Tone, wechselnd schluffiger, toniger, wechselnd kiesiger Sande bzw. wechselnd sandiger, wechselnd toniger Schluffe angetroffen. Die Schichten enthalten teilweise Steine und Tonstein-/Sandstein-/Kalksteinbruch. Die bindigen Anteile weisen überwiegend eine steife bis feste Konsistenz auf. Die Schichten sind in Abhängigkeit ihrer bindigen Anteile mäßig bis gut/ sehr gut tragfähig.



Zur Tiefe ist mit zunehmend festem **Sandstein/Kalkstein/Tonstein (Homogenbereich 3)** zu rechnen. Mit den ausgeführten Bohr- und Rammsondierungen ist die Erkundung des Festgesteins verfahrensbedingt nicht möglich.

3.2 Rammsondierungen

Die ausgeführten Sondierungen mit der Schweren Rammsonde sind unter Zugrundelegung der Kriterien nach Placzek (zitiert aus Prinz, Abriss der Ingenieurgeologie, Enke-Verlag, 1991) zu bewerten.

Lagerungsdichte nichtbindiger Böden

DPH

Schlagzahlen $N_{10} =$	0 - 1	sehr locker
Schlagzahlen $N_{10} =$	1 - 4	locker
Schlagzahlen $N_{10} =$	4 - 13	mitteldicht
Schlagzahlen $N_{10} =$	13 - 24	dicht
Schlagzahlen N_{10}	> 24	sehr dicht

Konsistenz bindiger Böden

DPH

Schlagzahlen $N_{10} =$	0 – 2	breiig
Schlagzahlen $N_{10} =$	2 – 5	weich
Schlagzahlen $N_{10} =$	5 – 9	steif
Schlagzahlen $N_{10} =$	9 – 17	halbfest
Schlagzahlen N_{10}	> 17	halbfest bis fest

Für die o. g. empirischen Kriterien zur Bewertung von Rammsondierungen ist zu berücksichtigen, dass es in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Böden Abweichungen von den zugeordneten Bereichen geben kann.

Die oberflächennahen **Deckschichten (Homogenbereich 1)** weisen für die feinkörnigen Böden zumeist nur relativ geringe Eindringwiderstände der Rammsonde auf, die nach o.g. Korrelation einer etwa weichen Konsistenz entsprechen. Maßgebend für die abschließende Einstufung der Konsistenz ist jedoch die Bodenansprache in Verbindung mit den durchgeführten Laborversuchen. Die Schlagzahlen nehmen mit steigender Tiefe aufgrund von Kohäsionseffekten zu. Für die rolligen Lagen ist von einer lockeren bis dichten Lagerung auszugehen.



Im Bereich der **Verwitterungsprodukte des Buntsandsteins und des Zechsteins (Homogenbereich 2)** sind in den oberen Lagen teilweise relativ niedrige Schlagzahlen zu verzeichnen, die auf eine stärkere Entfestigung der Verwitterungsprodukte hinweisen. Mit zunehmender Tiefe ab dem Niveau 0,8 m u AP bis 1,6 m u AP steigen die Schlagzahlen auf Werte ≥ 5 an, so dass ab hier für die rollige Verwitterungsprodukte von einer mindestens mitteldichten bis zur Tiefe dichten Lagerung ausgegangen werden kann. Für die bindigen Böden entsprechen die Schlagzahlen vorwiegend einer mindestens steifen Konsistenz, maßgebend für die abschließende Einstufung der Konsistenz ist jedoch auch hier die Bodenansprache in Verbindung mit den durchgeführten Laborversuchen. Im Bereich der WEA 2 sind die tragfähigen Schichten teilweise erst ab Tiefen von 1,8 m – 3,0 m u AP zu erwarten.

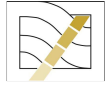
Ab der Endteufe der Rammsondierungen war ein weiterer Rammfortschritt nicht zu erzielen. Dementsprechend ist hier von sehr hohen Lagerungsdichten bzw. dem Übergang zum mürben Festgestein auszugehen.

3.3 Baugrundmodell

Nachfolgend ist zusammengestellt, bis in welche Tiefen die Baugrundsichten bei den einzelnen Aufschlüssen angetroffen wurden.

Tabelle 2: Tiefenlage der Baugrundsichten

Homogenbereich		-	1	2a/2b		
Aufschluss Nr.	Höhe (m NHN)	UK Mutterboden (m NHN)	UK Deckschicht (m NHN)	UK VZ Sst/Tst/Kst (m NHN)	Bohrendtiefe	
					(m uGOK)	(m NHN)
M- WEA 1-01	345,31	344,91	n.a.	344,51	0,8	344,51
M- WEA 1-02	345,73	345,43	n.a.	344,83	0,9	344,83
M- WEA 1-03	344,63	344,36	n.a.	344,03	0,6	344,03
M- WEA 1-04	344,13	343,98	n.a.	343,53	0,6	343,53
M- WEA 1-05	343,79	343,59	n.a.	343,09	0,7	343,09
M- WEA 1-06	344,76	344,36	n.a.	344,01	0,75	344,01
M- WEA 2-01	350,08	349,78	348,98	348,38	1,7	348,38
M- WEA 2-02	351,62	350,22	350,02	349,47	2,15	349,47
M- WEA 2-03	350,18	349,88	348,48	347,68	2,5	347,68
M- WEA 2-04	348,15	347,75	345,95	344,65	3,5	344,65



Homogenbereich		-	1	2a/2b		
Aufschluss Nr.	Höhe (m NHN)	UK Mutter- boden (m NHN)	UK Deck- schicht (m NHN)	UK VZ Sst/Tst/Kst (m NHN)	Bohrendtiefe	
					(m uGOK)	(m NHN)
M- WEA 2-05	348,15	349,95	349,35	347,15	2,8	347,15
M- WEA 2-06	352,26	352,01	351,91	351,06	1,2	351,06
M- WEA 3-01	367,29	366,99	366,59	364,49	2,8	364,49
M- WEA 3-02	366,93	366,63	366,43	364,93	2,0	364,93
M- WEA 3-03	365,90	365,60	364,90	362,70	3,2	362,70
M- WEA 3-04	366,05	365,75	365,35	362,55	3,5	362,55
M- WEA 3-05	364,36	363,96	n.a.	361,06	3,3	361,06
M- WEA 3-06	363,97	363,67	361,27	360,97	3,0	360,97
M- WEA 4-01	375,16	374,86	373,86	373,16	2,0	373,16
M- WEA 4-02	375,43	375,03	373,63	372,93	2,5	372,93
M- WEA 4-03	374,97	374,82	n.a.	370,97	4,0	370,97
M- WEA 4-04	374,54	374,14	373,89	372,54	2,0	372,54
M- WEA 4-05	373,72	373,52	373,12	371,72	2,0	371,72
M- WEA 4-06	374,29	373,99	373,19	371,79	2,5	371,79
M- WEA 5-01	356,69	356,39	356,29	354,19	2,5	354,19
M- WEA 5-02	357,92	357,62	n.a.	356,22	1,7	356,22
M- WEA 5-03	356,79	356,49	n.a.	354,79	2,0	354,79
M- WEA 5-04	355,27	354,87	n.a.	353,57	1,7	353,57
M- WEA 5-05	355,71	355,41	n.a.	352,91	2,8	352,91
M- WEA 5-06	358,16	357,86	357,46	355,76	2,4	355,76
Ergänzende Aufschlüsse neuer Standort M-WEA 1						
KRB/DPH 101	341,19	340,79	338,99	338,69	2,5	338,69
KRB/DPH 102	341,67	341,37	339,37	338,17	3,5	338,17
KRB/DPH 103	341,88	341,58	340,08	338,58	3,3	338,58
KRB/DPH 104	340,98	340,68	338,98	337,98	3,0	337,98
KRB/DPH 105	343,85	343,45	341,75	341,35	2,5	341,35
Ergänzende Aufschlüsse neuer Standort M WEA 6						
KRB/DPH 601	364,51	364,21	363,11	362,71	1,8	362,71
KRB/DPH 602	364,01	363,56	362,81	362,11	1,9	262,11



Homogenbereich		-	1	2a/2b		
Aufschluss Nr.	Höhe (m NHN)	UK Mutter- boden (m NHN)	UK Deck- schicht (m NHN)	UK VZ Sst/Tst/Kst (m NHN)	Bohrendtiefe	
					(m uGOK)	(m NHN)
KRB/DPH 603	364,63	364,13	383,83	362,13	2,2	362,43
KRB/DPH 604	363,80	363,50	362,50	361,70	2,1	361,70
KRB/DPH 605	363,78	363,48	361,48	360,38	3,4	360,38
KRB/DPH 606	362,24	361,94	357,89	357,34	4,9	357,34

n.e.: nicht erreicht; n.a.: nicht angetroffen; UK= Unterkante

3.4 Grundwasser

Bei den Baugrundaufschlüssen wurde keine geschlossene Grundwasserführung festgestellt. Nach den Aufschlussergebnissen ist in den Baubereichen der geplanten Anlagenstandorte nicht mit durchgehend grundwasserführenden Horizonten zu rechnen.

Es muss aber generell damit gerechnet werden, dass abhängig von der Witterung Schicht- oder Sickerwasser im Baubereich auch oberflächennah auftreten kann.

4. Bodenmechanische Laboruntersuchungen

4.1 Untersuchungsumfang

Aus den Bodenaufschlüssen sind während der Feldarbeiten im November 2023 Bodenproben entnommen worden. Zur Kennzeichnung ihrer wichtigsten bodenphysikalischen Eigenschaften wurden diese Proben in unserem Baugrund Institut auf ihre Bodenkennwerte hin untersucht. Es wurden dabei folgende Untersuchungen ausgeführt:

9 x Bestimmung des Wassergehalts nach DIN EN ISO 17892-1

4 x Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

4 x Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4

Die Ergebnisse aller bodenmechanischen Laboruntersuchungen sind in der Anlage 5 zusammengestellt.



4.2 Untersuchungsergebnisse

1. Wassergehaltsbestimmungen

Die Wassergehaltsbestimmungen können der Anlage 4.2 entnommen werden.

Für die untersuchten Proben ergaben sich folgende Werte:

Deckschichten/Hangsedimente (1 Probe)

Wassergehalt: w_n = 16,3 %

Verwitterungszone (8 Proben)

Wassergehalt: w_n = 16,6 - 22,3 %

2. Zustandsgrenzen

Die Zustandsgrenzen wurden wie folgt bestimmt:

Deckschichten/Hangsedimente (1 Probe)

Wassergehalt: w_n = 19,7 %

Fließgrenze w_L = 31,9 %

Plastizitätszahl I_P = 12,4 %

Konsistenzzahl I_c = 0,88

Verwitterungszone (3 Proben)

Wassergehalt: w_n = 13,4 - 16,3 –%

Fließgrenze w_L = 26,0 - 34,8 –%

Plastizitätszahl I_P = 5,7 - 16,6 –%

Konsistenzzahl I_c = 1,09 – 1,63

Aufgrund der ermittelten Zustandsgrenzen sind die untersuchten Böden nach DIN 18196 wie folgt zu klassifizieren

Deckschichten/Hangsedimente

Bodengruppe TL

Verwitterungszone

Bodengruppe ST*/SU*/TL/TM

Die detaillierten Ergebnisse können der Anlage 4.4 entnommen werden.



3. Korngrößenverteilung

Die für die untersuchten Bodenproben ermittelten Körnungslinien sind in der Anlage 4.3 dargestellt und beschreiben diese Böden entsprechend der ermittelten Kornanteile wie folgt:

Deckschichten/Hangsedimente (MP2, MP4)

Sand, stark schluffig, tonig – Sand, stark schluffig, tonig, schwach kiesig

Verwitterungszone (3 Proben, MP3, MP4, MP5)

Schluff, tonig bis stark tonig, sandig - Sand, stark schluffig, tonig, schwach kiesig

Die Mischproben wurden dabei aus folgenden Einzelproben zusammengestellt:

Tabelle 3: Zusammensetzung Mischproben

M-WEA2	M-WEA3	M-WEA4	M-WEA5
MP2: 01/2+02/2+02/3+03/2+03/ /3+04/2+04/3	MP3: 01/4+01/5+02/4+03/3+03/4+03/ 5+04/3+04/4+04/5	MP4: 01/2+01/3+03 /6+03/7	MP5: 02/2+02/3+03/3+03/4+0 4/2+04/3+05/2 bis 05/4+06/3 bis 06/5

Die Mischprobe MP1 (M-WEA1) enthielt zu viele Steine für eine Kornverteilungsanalyse.



5. Chemische Laboruntersuchungen

5.1 Bewertungsgrundlagen

Mit der **Ersatzbaustoffverordnung (EBV)**, als Artikel 1 der sogenannten Mantelverordnung, wurde im Jahr 2021 eine bundeseinheitliche, rechtsverbindliche Vollzugspraxis für die Verwendung von mineralischen Ersatzbaustoffen (MEB) in technischen Bauwerken beschlossen. Die EBV ist zum **1. August 2023** in Kraft getreten, sodass die LAGA M 20 im Regelbereich der EBV ihre Gültigkeit verloren hat.

Die Klassen zur Materialeinstufung der Aushubböden untergliedern sich in **BM-0 bis BM-F3**.

Auftragsgemäß sollte die abfallrechtliche Bewertung der Aushubböden zusätzlich gemäß der außer Kraft getretenen LAGA TR Boden erfolgen. Übergeordnetes Gesetz ist das BBodSchG (Bundesbodenschutzgesetz) bzw. die BBodSchV (Bundesbodenschutzverordnung).

Hiernach sind Einstufungen des Materials in die **Zuordnungsklassen**

- Z 0:** uneingeschränkte Verwertung / offener Einbau
- Z 1:** eingeschränkter offener Einbau
 - Z 1.1: gültig in hydrogeologisch ungünstigen Gebieten
 - Z 1.2: in hydrogeologisch günstigen Gebieten zulässig (bindige Deckschichten)
- Z 2:** eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen

möglich. Die Einstufung der Aushubböden erfolgt auf Grundlage der Zuordnungswerte für Boden aus den Tabellen Tab. II 1.2-2 + II 1.2.3.

Für höher belastete Materialien ist eine Verwertung des Materials nach den Richtlinien der EBV bzw. LAGA nicht möglich. In diesem Fall ist eine Entsorgung des Materials auf einer Deponie erforderlich. Zur abfallrechtlichen Einstufung des Materials in die

Deponieklassen DK 1 – DK 3

sind die Bestimmungen der Deponieverordnung (Stand 2021) anzuwenden.

Die abfallrechtliche Einstufung basiert auf den Untersuchungsergebnissen der geotechnischen Erkundung. Bei Auftreten von Aushubböden, die nicht in der Bodenerkundung in den entsprechenden Bereichen angetroffen wurden, ist die abfallrechtliche Einstufung zu überprüfen und ggf. anzupassen.



5.2 Probenzusammenstellung Aushubböden

Aus den im Zuge der Untersuchungen zur Baugrunderkundung angetroffenen, geogenen Böden sind Proben entnommen worden.

Die Einzelproben wurden zu Mischproben (MP) zusammengestellt, die im Folgenden aufgeschlüsselt sind.

MP1 WEA 1 Verwitterungszone

aus Einzelproben: 01/2+02/2+03/2+03/3+04/2+04/3

MP2 WEA 2 Deckschichten und Verwitterungszone

aus Einzelproben: 01/2+02/2 bis 02/5+03/2+04/2 bis 04/8+06/2 bis 06/4

MP3 WEA 3 Deckschichten und Verwitterungszone

aus Einzelproben: 01/2 bis 01/5+02/2 bis 02/4+03/2 bis 03/5+04/2 bis 04/5

MP4 WEA 4 Deckschichten und Verwitterungszone

aus Einzelproben: 01/2+01/3+02/2+02/3+03/2+03/3+04/2 bis 04/5

MP5 WEA 5 Deckschichten und Verwitterungszone

aus Einzelproben: 01/2 bis 01/5+02/2+02/3+03/2 bis 03/4+04/2+04/3+05/2 bis 05/4+06/2 bis 06/6

5.3 Einstufung der Aushubböden

Die aufgeführten Mischproben wurden durch die Laboratorien Dr. Döring, Bremen, auf ihre Inhaltsstoffe im Hinblick auf die Verwertung des Aushubbodens nach **LAGA Boden**, Tab. II 1.2-2 + II 1.2.3 sowie nach **EBV**, Anlage 1, Tab. 3, untersucht.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen sind in Anlage 5 tabellarisch aufgeführt und den Zuordnungswerten nach LAGA bzw. der EBV gegenübergestellt. Die Prüfberichte der chemischen Analysen sind ebenfalls in der Anlage 5 beigelegt.

Im Einzelnen haben die chemischen Analysen folgende Ergebnisse erbracht.

MP1 WEA 1 Verwitterungszone

Bewertungsrelevante Parameter im Feststoff/Eluat: Blei 110 mg/kg
TOC 1,1 M%

Einstufung LAGA TR Boden

Z1

Einstufung EBV:

BM-0*



Für den Fall einer Entsorgung sind die Aushubböden der Mischprobe vorbehaltlich der erforderlichen Deklarationsanalytik wie folgt einzustufen

AVV-Abfallschlüssel: 17 05 04

MP2 WEA 2 Deckschichten und Verwitterungszone

Bewertungsrelevante Parameter im Feststoff/Eluat: -

Für die untersuchten Parameter wurden keine Überschreitungen der Zuordnungswerte Z0 nachgewiesen.

Einstufung LAGA TR Boden	Z0
Einstufung EBV:	BM-0

Für den Fall einer Entsorgung sind die Aushubböden der Mischprobe vorbehaltlich der erforderlichen Deklarationsanalytik wie folgt einzustufen

AVV-Abfallschlüssel: 17 05 04

MP3 WEA 3 Deckschichten und Verwitterungszone

Bewertungsrelevante Parameter im Feststoff/Eluat: Arsen 20 mg/kg

Einstufung LAGA TR Boden	Z1
Einstufung EBV:	BM-0

Für den Fall einer Entsorgung sind die Aushubböden der Mischprobe vorbehaltlich der erforderlichen Deklarationsanalytik wie folgt einzustufen

AVV-Abfallschlüssel: 17 05 04

MP4 WEA 4 Deckschichten und Verwitterungszone

Bewertungsrelevante Parameter im Feststoff/Eluat: Arsen 22 mg/kg

Einstufung LAGA TR Boden	Z1
Einstufung EBV:	BM-F0*

Für den Fall einer Entsorgung sind die Aushubböden der Mischprobe vorbehaltlich der erforderlichen Deklarationsanalytik wie folgt einzustufen

AVV-Abfallschlüssel: 17 05 04



MP5 WEA 5 Deckschichten und Verwitterungszone

Bewertungsrelevante Parameter im Feststoff/Eluat: Kupfer 100 mg/kg

Einstufung LAGA TR Boden **Z1**
 Einstufung EBV: **BM-F3**

Für den Fall einer Entsorgung sind die Aushubböden der Mischprobe vorbehaltlich der erforderlichen Deklarationsanalytik wie folgt einzustufen

AVV-Abfallschlüssel: 17 05 04

6. Homogenbereiche nach DIN 18300

6.1 Charakterisierung Homogenbereiche

Die Charakterisierung der Homogenbereiche nach DIN 18300 ist wie folgt vorzunehmen:

Tabelle3: Homogenbereiche

Homogenbereich 1, Deckschichten

Bezeichnung	Hanglehm/Hangschutt
Korngrößenverteilung	Schluff, tonig, sandig bis Kies, sandig
Steine, Blöcke, große Blöcke	Anteil mit mehr als 30% Steinen: 0 - 5 % Anteil mit mehr als 30% Blöcken: 0 - 5 % Anteil große Blöcke: 0 %
Dichte	1,9 - 2,1 t/m ³
c _u (für Lösbarkeit, bindige Lagen)	20 - 200 kN/m ²
Wassergehalt	5 - 30 %
Plastizitätszahl (bindige Lagen)	5 - 30 %
Konsistenzzahl (bindige Lagen)	0,6 - 1,2
Lagerungsdichte	locker
Organischer Anteil (Glühverlust)	< 5 %
Bodengruppen (DIN 18196)	TM/TL/UL/ST*/SU*/SU/GU/GW



Homogenbereich 2, Verwitterungsprodukte Sandstein/Tonstein/Kalkstein

Bezeichnung	Verwitterter Sandstein/Tonstein/Kalkstein, vollständig zersetzt zu Lockergestein
Korngrößenverteilung (DIN 18123)	Schluff, stark tonig, sandig bis Kies, steinig, sandig Tst., Sst., Kst.
Steine, Blöcke, große Blöcke	Anteil mit mehr als 30% Steinen: 0 - 20 % Anteil mit mehr als 30% Blöcken: 0 - 10 % Anteil große Blöcke: 0 - 5 %
Dichte	1,9 - 2,3 t/m ³
c _u (für Lösbarkeit bindige Lagen)	50 - 500 kN/m ²
Wassergehalt	5 - 30 %
Plastizitätszahl (nur bindige Lagen)	7 - 30 %
Konsistenzzahl (nur bindige Lagen)	0,8 - 1,5
Lagerungsdichte	locker bis dicht
Organischer Anteil (Glühverlust)	< 2 %
Bodengruppen (DIN 18196)	TM/TL/UL/ST*/SU*/SU/GU/GW

Homogenbereich 3, Sandstein/Tonstein/Kalkstein (nicht erkundet)

Benennung von Fels (DIN EN ISO 14689-1)	Sandstein/Tonstein/Kalkstein
Verwitterungsstufen	gering verwittert bis stark verwittert
Veränderlichkeit	Veränderlich bis sehr veränderlich
Einaxiale Druckfestigkeit	1 – 80 MPa
Trennflächen	nicht erkundet

Unterhalb der erreichten Sondiertiefen ist eine sehr dichte Lagerung der Lockerböden bzw. der Übergang zum Festgestein zu erwarten. Mit den ausgeführten Bohr- und Rammsondierungen ist die Erkundung des Festgesteins nicht möglich. Dementsprechend sind genauere Angaben zum Sandstein/Tonstein/Kalkstein im Untergrund ohne weitere Bodenerkundung nicht möglich. Es muss aber davon ausgegangen werden, dass bei entsprechender Aushubtiefe ab 1,0 m – 2,0 m unterhalb der erkundeten Tiefen ein erhöhter Aufwand zum Lösen plattiger bis bankiger Festgesteine (z. B. Meißelarbeiten) erforderlich wird.



Die Angabe der Spannbreiten für die Werte erfolgt anhand der im Labor- bzw. Feldversuch ermittelten Kennwerte sowie auf Grundlage der Erfahrung aus Projekten mit ähnlichen / vergleichbaren Böden bzw. auf Grundlage von Literatur- und Tafelwerten. Abweichungen des Baugrundes von den angegebenen Wertespannen, insbesondere der abgeschätzten Werte aufgrund von Erfahrungen und Literaturangaben, sind nicht auszuschließen. Die Angabe einzelner Parameter kann bei Bedarf evtl. baubegleitend präzisiert werden. Für detaillierte Angaben sind weitere Untersuchungen / Laborversuche erforderlich.

6.2 Bodenklassen

Die DIN 18300 wurde überarbeitet. Die aktuelle Fassung vom September 2019 sieht keine Einteilung in Bodenklassen mehr vor. Stattdessen sind für die Homogenbereiche spezifische Angaben vorgesehen, die den jeweiligen Boden oder den Fels im Hinblick auf die Ausführung von Erdarbeiten charakterisieren. Die Angabe der nach DIN 18300 vorgesehenen Kennwerte für die Homogenbereiche ist mit entsprechender Genauigkeit und Aussagekraft nur auf der Grundlage eines entsprechenden Umfangs an Feld- und Laboruntersuchungen möglich. Eine Zusammenstellung dieser Angaben ist in Kapitel 5.1 enthalten. Erfahrungsgemäß ist davon auszugehen, dass oftmals noch die Bodenklassen nach alter Norm zur Anwendung kommen oder zumindest zur Orientierung mit herangezogen werden.

Nach der alten **DIN 18300 (Stand Sept. 2012)** klassifizieren wir die hier angetroffenen Bodenarten hinsichtlich Lösen, Laden und Verwenden wie folgt:

Oberboden	Klasse 1
Homogenbereich 1 (Deckschichten)	Klasse 3 – 4
Homogenbereich 2 (Verwitterungsprodukte Buntsandstein/Zechstein)	Klasse 3 – 6
Homogenbereich 3 (Sand-/Ton-/Kalkstein, nicht erkundet)	Klasse 6/7

Unterhalb der erreichten Sondiertiefen ist mürber bis zunehmend bankiger Sandstein, Tonstein und Kalkstein mit Felsklasse 6 und 7 zu erwarten.



7. Bodenkennwerte

Die bodenphysikalischen Kennziffern und kennzeichnenden Zustandsgrößen sind nachfolgend auf der Grundlage der ausgeführten Untersuchungen sowie anhand von Erfahrungswerten und früheren Laborversuchen an vergleichbaren Bodenarten tabellarisch zusammengestellt:

Tabelle 4: Bodenkennwerte Lockergestein

Kennziffer/Zustandsgrößen		Quartär	Sandstein/Tonstein/Kalkstein
	Einheit	Deckschichten	Verwitterungsprodukte
Homogenbereich		1	2
Bodenart (DIN 4022)		U / T s – G, s	U / T, s – G, x, s Tst. / Sst. / Kst.
Bodenart (DIN EN ISO 14688-1)		sa Cl / Si – sa Gr	sa Cl / Si – co sa Gr
Bodengruppe (DIN 18196)		TM/TL/UL/ST*/SU*/SU/GU/GW	TM/TL/UL/ST*/SU*/SU/GU/GW
Bodenklasse (DIN 18300 alt)		3 – 4	3 – 6
Frostgefahr (ZTVE)		F1 – F3	F1 – F3
Wichte des feuchten Bodens γ	kN/m ³	19 – 21	19 – 23
Wichte unter Auftrieb γ'	kN/m ³	9 – 11	9 – 13
Reibungswinkel ϕ'_k	°	22,5 – 27,5 (bindig) 30 – 35 (gemesichtk.-rollig)	27,5 – 37,5
Kohäsion c'_k	kN/m ²	2 – 10 (bindig)	0 – 10
Steifemodul E_s ($\sigma = 100\text{--}200\text{kN/m}^2$)	MN/m ²	5 – 10 (bindig) 20 – 60 (gemesichtk.-rollig)	20 – 100
Dyn. Steifemodul E_{dyn}	MN/m ²	50 – 150	100 – 400
Querdehnzahl ϵ	[-]	0,3 – 0,4	0,3 – 0,4
Wasserdurchlässigkeit k_r	m/s	$1 \times 10^{-10} - 1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-11} - 1 \times 10^{-2}$



Tabelle 5: Bodenkennwerte Fels (nicht erkundet)

Kennziffer/Zustands- größen	Einheit	Sandstein/Tonstein Kalkstein
Homogenbereich		3
Bodenart (DIN 4022)		-
Bodenart (DIN EN ISO 14688-1)		-
Bodengruppe (DIN 18196)		-
Bodenklasse (DIN 18300 alt)		6/7
Frostgefahr (ZTVE)		-
Wichte des feuchten Bodens γ	kN/m ³	21 – 25
Wichte unter Auftrieb γ'	kN/m ³	11 – 15
Reibungswinkel ϕ'_k	°	32,5 – 37,5
Kohäsion c'_k	kN/m ²	0 – 20
Steifemodul E_s ($\sigma = 100\text{-}200\text{kN/m}^2$)	MN/m ²	100 – 400
Dyn. Steifemodul E_{dyn}	MN/m ²	200 – 1000

Die Baugrundsichten und insbesondere die Kennwerte für die Scherfestigkeit und Verformungssteifigkeit des Baugrundes variieren innerhalb relativ weiter Grenzen. Die Mittelwerte der in den vorstehenden Tabellen angegebenen Werte können i. A. näherungsweise zugrunde gelegt werden. Für genauere Standsicherheits- oder Setzungsberechnungen sind die Kennwerte ggf. auf der Grundlage weitergehender Untersuchungen in Abstimmung mit dem Baugrundsachverständigen festzulegen.

Da das Festgestein mit dem eingesetzten Bohrverfahren nicht aufgeschlossen werden konnte, basieren die Angaben für das Festgestein vollständig auf Erfahrungswerten vergleichbarer Gesteine.



8. Gründung

8.1 Anforderungen und Berechnungsgrundlagen NORDEX N163/6.X

Nach den vorliegenden Informationen und Unterlagen ist davon auszugehen, dass an den Standorte M-WEA 1 und M-WERA 6 Windenergieanlagen vom Typ NORDEX N163/6.X TCS164B-03 (N23) Hybridturm 164m NH, aufgestellt werden.

Nach den Angaben in Unterlage /8/ sind für eine Flachgründung der Windenergieanlagen über Fundamente ohne Auftrieb die folgenden Voraussetzungen und Anforderungen zugrunde zu legen:

Kreisfundament

Durchmesser	D	= 25,50 m
Fundamenthöhe	h	= 2,80 m
Gründungstiefe	t	= 0,89 m
- max. Kantenpressung BS-P	$\sigma_{R,k}$	= 221,9 kN/m ²
- max. Kantenpressung BS-A	$\sigma_{R,k}$	= 256,9 kN/m ²
- erforderliche Drehfedersteifigkeit		
dynamisch	$k_{\phi,dyn}$	= 300.000 MNm/rad
statisch	$k_{\phi,stat}$	= 60.000 MNm/rad

Das Grundwasser darf gemäß /8/ max. bis GOK ($\pm 0,00$ m) ansteigen. Die charakteristischen Lasten sind in /8/ angegeben. Dabei ist für die Vertikallasten jeweils noch die Erdauflast der Überschlüttung mit 10.145 kN zu berücksichtigen.

BS-P

Vertikalkraft	V_k	= 37.582 kN + 10.145 kN = 47.727 kN
Horizontalkraft	H_k	= 1.331 kN
Moment	M_k	= 186.470 kNm

BS-T

Vertikalkraft	V_k	= 37.296 kN + 10.145 kN = 47.441 kN
Horizontalkraft	H_k	= 613 kN
Moment	M_k	= 64.043 kNm

BS-A

Vertikalkraft	V_k	= 37.512 kN + 10.145 kN = 47.657 kN
Horizontalkraft	H_k	= 1.435 kN
Moment	M_k	= 218.891 kNm



Für die Berechnungen werden die in /8/ für die unterschiedlichen Lastfälle (Bemessungssituation BS-P, Bemessungssituationen BS-T und Bemessungssituation BS-A) angegebenen Lasten zugrunde gelegt.

Gemäß /8/ sind in der Fundamentsohle Weichschichten vorgesehen. Dies wird näherungsweise durch Ansatz eines Kreisringfundamentes mit (lastabhängig) variablem Innendurchmesser berücksichtigt, wobei der Innendurchmesser so variiert wird, dass sich jeweils etwa die in /8/ für die Lastfälle angegebenen maximalen Kantenpressungen ergeben.

Für den Lastfall BS-P und für den Lastfall BS-T wird ein Innendurchmesser von 8,65 m angenommen. Für den Lastfall BS-A wird ein Innendurchmesser von 11,24 m angenommen.

Nach den vorliegenden Baugrundaufschlussergebnissen ist davon auszugehen, dass die o.g. Anforderungen insbesondere an die Drehfedersteifigkeit bei einer Flachgründung auf den gut tragfähigen Baugrundsichten der Verwitterungszone der anstehenden Festgesteine als Lastboden erfüllt werden.

Wie die Baugrundaufschlussergebnisse bezogen auf die vorliegenden Planungsunterlagen zeigen, kommen die Fundamentgründungssohlen teilweise in den gut tragfähigen Baugrundsichten als OK Lastboden zu liegen. Hier ist unterhalb des Fundamentes ein ca. 0,30 m dickes Gründungspolster als Bettungsschicht bzw. Ausgleichsschicht vorzusehen.

Teilweise liegt die OK Lastboden (zumeist talseitig) aber auch unterhalb der geplanten Gründungssohle. Die Fehlhöhen zwischen Fundamentgründungssohlen und OK Lastboden sind dann durch gründungstechnische Zusatzmaßnahmen in Form eines Bodenaustausches und Einbau eines Gründungspolsters in entsprechender Dicke zu überbrücken.

8.2 Berechnungsergebnisse für Flachgründung auf Polster M-WEA 1

Auf der Grundlage der vorliegenden Baugrundaufschlussergebnisse und der vorliegenden Angaben zur Gründung der geplanten Windenergieanlagen Typ N163/6.X haben wir beispielhaft für die M-WEA 1 Berechnungen zur Abschätzung der Drehfedersteifigkeit für eine Flachgründung auf Gründungspolster durchgeführt.



An diesem Standort ist nach den Baugrundaufschlussergebnissen unter Bezug auf die Planung von den größten Fehlhöhen zwischen UK Fundament und OK Lastboden bis zu ca. 1,7 m auszugehen. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in den als Anlage 6.1 beigefügten Fundamentdiagrammen dargestellt.

Berechnungen für Flachgründung auf Gründungspolster (beispielhaft für WEA 1, Anlage 6.1)

Bergseitig Polsterdicke 0,60 m

Talseitig Polsterdicke 1,70 m

Drehfedersteifigkeit

Dynamisch:

$K_{\varphi, \text{dyn}}$ ca. 690.000 – 720.000 MNm/rad

Statisch:

$K_{\varphi, \text{stat}}$ ca. 167.000 – 174.000 MNm/rad

Nach den Ergebnissen der Berechnungen werden die Anforderungen an die Drehfedersteifigkeit bei einer Flachgründung auf Lastboden mit einem entsprechend abgetreppten Gründungspolster eingehalten.

Die sich aus den Berechnungen ergebenden Werte der dynamischen und der statischen Drehfedersteifigkeit liegen deutlich oberhalb der in /8/ genannten Anforderungen. In den Berechnungen ist die mit der Tiefe zu erwartende Zunahme der Verformungssteifigkeit der Festgesteine nicht berücksichtigt. Es sind daher eher geringere Verformungen als berechnet zu erwarten.

Die Standsicherheitsberechnungen (Grundbruch, Gleiten, Kippen) haben mit Ausnutzungsgraden von deutlich unter 1 eine ausreichende Sicherheit ergeben.

8.3 Anforderungen und Berechnungsgrundlagen NORDEX N175/6.X

Nach den vorliegenden Informationen und Unterlagen ist davon auszugehen, dass an den Standorte M-WEA 2, M-WEA 3, M-WEA 4 und M-WEA 5 Windenergieanlagen vom Typ NORDEX N175/6.X Hybridturm TCS179 aufgestellt werden.

Nach den Angaben in Unterlage /9/ sind für eine Flachgründung der Windenergieanlagen über Fundamente die folgenden Voraussetzungen und Anforderungen zugrunde zu legen:

**Kreisfundament**

Durchmesser	D	= 29,10 m
Fundamenthöhe	h	= 2,90 m
Gründungstiefe	t	= 2,70 m
- max. zul. Bodenpressung	σ_{\max}	= 250 kN/m ²

- erforderliche Drehfedersteifigkeit

dynamisch	$k_{\phi, \text{dyn}}$	= 260.000 MNm/rad
statisch	$k_{\phi, \text{stat}}$	= 52.000 MNm/rad

Die charakteristischen Lasten sind in /9/ angegeben. Zusätzlich ist das Gewicht der Erdüberschüttung mit 14.900 kN angegeben

Extr fact

Vertikalkraft	V_k	= 27.230 kN + 14.900 kN = 42.130 kN
Horizontalkraft	H_k	= 1.888 kN
Moment	M_k	= 326.083 kNm

Für die Berechnungen werden die in /9/ angegebenen Lasten zugrunde gelegt.

Die Angaben zur Fundamentgeometrie in Unterlage /9/ stimmen mit den Angaben in den Unterlagen /10/ und /11/ nicht überein.

In Unterlage /10/ ist der Durchmesser für ein Fundament ohne Auftrieb mit 25,00 m, die Fundamenthöhe mit 3,75 m und die Fundamenteinbindetiefe mit 3,55 m. dargestellt.

In Unterlage /11/ ist der Durchmesser für ein Fundament mit Auftrieb mit 29,10 m, die Fundamenthöhe mit 3,75 m und die Fundamenteinbindetiefe mit 3,55 m. dargestellt.

Nach den vorliegenden Baugrundaufschlussergebnissen ist davon auszugehen, dass die o.g. Anforderungen insbesondere an die Drehfedersteifigkeit bei einer Flachgründung auf den gut tragfähigen Baugrundsichten der Verwitterungszone der anstehenden Festgesteine als Lastboden erfüllt werden.



Wie die Baugrundaufschlussergebnisse bezogen auf die vorliegenden Planungsunterlagen zeigen, kommen die Fundamentgründungssohlen teilweise in den gut tragfähigen Baugrundsichten als OK Lastboden zu liegen. Hier ist unterhalb des Fundamentes ein ca. 0,30 m dickes Gründungspolster als Bettungsschicht bzw. Ausgleichsschicht vorzusehen.

Teilweise liegt die OK Lastboden (zumeist talseitig) aber auch unterhalb der geplanten Gründungssohle. Die Fehlhöhen zwischen Fundamentgründungssohlen und OK Lastboden sind dann durch gründungstechnische Zusatzmaßnahmen in Form eines Bodenaustausches und Einbau eines Gründungspolsters in entsprechender Dicke zu überbrücken.

8.4 Berechnungsergebnisse für Flachgründung auf Polster M-WEA 2

Auf der Grundlage der vorliegenden Baugrundaufschlussergebnisse und der vorliegenden Angaben zur Gründung der geplanten Windenergieanlagen Typ N175/6.X haben wir beispielhaft für die M-WEA 2 Berechnungen zur Abschätzung der Drehfedersteifigkeit für eine Flachgründung auf Gründungspolster durchgeführt.

An diesem Standort ist nach den Baugrundaufschlussergebnissen unter Bezug auf die Planung von den größten Fehlhöhen zwischen UK Fundament und OK Lastboden bis zu ca. 1,5 m auszugehen. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in den als Anlage 6.2 beigefügten Fundamentdiagrammen dargestellt.

Berechnungen für Flachgründung auf Gründungspolster (beispielhaft für WEA 2, Anlage 6.2)

Bergseitig Polsterdicke 0,30 m

Talseitig Polsterdicke 1,50 m

Drehfedersteifigkeit

Dynamisch:

$K_{\varphi, \text{dyn}}$ ca. 1.470.000 – 1.481.000 MNm/rad

Statisch:

$K_{\varphi, \text{stat}}$ ca. 352.000 – 355.000 MNm/rad

Nach den Ergebnissen der Berechnungen werden die Anforderungen an die Drehfedersteifigkeit bei einer Flachgründung auf Lastboden mit einem entsprechend abgetreppten Gründungspolster eingehalten.



Die sich aus den Berechnungen ergebenden Werte der dynamischen und der statischen Drehfedersteifigkeit liegen deutlich oberhalb der in /9/ genannten Anforderungen. In den Berechnungen ist die mit der Tiefe zu erwartende Zunahme der Verformungssteifigkeit der Festgesteine nicht berücksichtigt. Es sind daher eher geringere Verformungen als berechnet zu erwarten.

Die Standortsicherheitsberechnungen (Grundbruch, Gleiten, Kippen) haben mit Ausnutzungsgraden von deutlich unter 1 eine ausreichende Sicherheit ergeben.

8.5 Flachgründung für die einzelnen Anlagenstandorte

Nachfolgend sind die bei der Erkundung festgestellten Baugrundverhältnisse und die sich daraus ergebenden Dicken des erforderlichen Gründungspolsters für die einzelnen Standorte bezogen auf die vorliegende Planung zusammengestellt.

Standort M-WEA 1

Nach den vorliegenden Planungsunterlagen wird die Gründungssohle für die M-WEA 1 mit

$$\text{Gründungssohle M-WEA 1} = 341,51 \text{ m NHN} - 0,89 \text{ m} = \mathbf{340,62 \text{ m NHN}}$$

angenommen.

Bei den Aufschlüssen an dem neuen Standort der Anlage wurde der Horizont der Verwitterungszone des Zechsteins als OK Lastboden in Tiefen zwischen 340,08 m NHN (bergseitig) und 338,98 m NHN (talseitig) erreicht.

Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen zur Baugrunderkundung ist bezogen auf die vorliegenden Planungsunterlagen eine Flachgründung auf einem abgestuften Gründungspolster mit seitlichem Überstand gleich der Polsterdicke zu empfehlen.

Flachgründung M-WEA 1 auf Gründungspolster:

bergseitig: Polsterdicke mindestens 0,60 m

talseitig: Polsterdicke mindestens 1,70 m



Standort M-WEA 2

Nach den vorliegenden Planungsunterlagen wird die Gründungssohle für die M-WEA 2 mit

$$\textbf{Gründungssohle M-WEA 2} = 350,06 \text{ m NHN} - 2,70 \text{ m} = \textbf{347,36 m NHN}$$

angenommen.

Bei den Aufschlüssen an dem Standort der Anlage wurde der Horizont der Verwitterungszone des Buntsandsteins als OK Lastboden in Tiefen zwischen 349,72 m NHN (bergseitig) und 345,95 m NHN (talseitig) erreicht.

Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen zur Baugrunderkundung ist bezogen auf die vorliegenden Planungsunterlagen eine Flachgründung auf einem abgestuften Gründungspolster mit seitlichem Überstand gleich der Polsterdicke zu empfehlen.

Flachgründung M-WEA 2 auf Gründungspolster:

bergseitig: Polsterdicke mindestens 0,30 m

ostseitig: Polsterdicke mindestens 1,50 m

Standort M-WEA 3

Nach den vorliegenden Planungsunterlagen wird die Gründungssohle für die M-WEA 3 mit

$$\textbf{Gründungssohle M-WEA 3} = 366,54 \text{ m NHN} - 2,70 \text{ m} = \textbf{363,84 m NHN}$$

angenommen.

Bei den Aufschlüssen an dem Standort der Anlage wurde der Horizont der Verwitterungszone des Buntsandsteins als OK Lastboden in Tiefen zwischen 364,89 m NHN (bergseitig) und 363,32 m NHN (talseitig) erreicht.

Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen zur Baugrunderkundung ist bezogen auf die vorliegenden Planungsunterlagen eine Flachgründung auf einem abgestuften Gründungspolster mit seitlichem Überstand gleich der Polsterdicke zu empfehlen.

**Flachgründung M-WEA 3 auf Gründungspolster:**

bergseitig: Polsterdicke mindestens 0,30 m

ostseitig: Polsterdicke mindestens 0,60 m

Standort M-WEA 4

Nach den vorliegenden Planungsunterlagen wird die Gründungssohle für die M-WEA 4 mit

$$\text{Gründungssohle M-WEA 4} = 375,11 \text{ m NHN} - 2,70 \text{ m} = \mathbf{372,41 \text{ m NHN}}$$

angenommen.

Bei den Aufschlüssen an dem Standort der Anlage wurde der Horizont der Verwitterungszone des Buntsandsteins als OK Lastboden in Tiefen zwischen 373,89 m NHN und 373,63 m NHN erreicht.

Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen zur Baugrunderkundung ist bezogen auf die vorliegenden Planungsunterlagen eine Flachgründung auf einem Gründungspolster mit seitlichem Überstand gleich der Polsterdicke zu empfehlen.

Flachgründung M-WEA 4 auf Gründungspolster:

Polsterdicke mindestens 0,30 m

Standort M-WEA 5

Nach den vorliegenden Planungsunterlagen wird die Gründungssohle für die M-WEA 5 mit

$$\text{Gründungssohle M-WEA 5} = 356,37 \text{ m NHN} - 2,70 \text{ m} = \mathbf{353,67 \text{ m NHN}}$$

angenommen.

Bei den Aufschlüssen an dem Standort der Anlage wurde der Horizont der Verwitterungszone des Buntsandsteins als OK Lastboden in Tiefen zwischen 356,22 m NHN und 353,57 m NHN erreicht.



Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen zur Baugrunderkundung ist bezogen auf die vorliegenden Planungsunterlagen eine Flachgründung auf einem Gründungspolster mit seitlichem Überstand gleich der Polsterdicke zu empfehlen.

Flachgründung M-WEA 5 auf Gründungspolster:

Polsterdicke mindestens 0,30 m

Standort M-WEA 6

Nach den vorliegenden Planungsunterlagen wird die Gründungssohle für die M-WEA 6 mit

$$\text{Gründungssohle M-WEA 6} = 364,26 \text{ m NHN} - 0,89 \text{ m} = \mathbf{363,37 \text{ m NHN}}$$

angenommen.

Bei den Aufschlüssen an dem neuen Standort der Anlage wurde der Horizont der Verwitterungszone des Zechsteins als OK Lastboden in Tiefen zwischen 363,83 m NHN (bergseitig) und 362,50 m NHN (talseitig) erreicht.

Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen zur Baugrunderkundung ist bezogen auf die vorliegenden Planungsunterlagen eine Flachgründung auf einem abgestuften Gründungspolster mit seitlichem Überstand gleich der Polsterdicke zu empfehlen.

Flachgründung M-WEA 6 auf Gründungspolster:

bergseitig: Polsterdicke mindestens 0,30 m

ostseitig: Polsterdicke mindestens 0,90 m

8.6 Hinweise zur Gründung

1. Die Gründung der geplanten Anlagen kann grundsätzlich als Flachgründung auf einem Gründungspolster erfolgen. Die mindestens erforderlichen Polsterdicken sind in Kap. 8.7 genannt.
2. Nach dem Aushub ist das jeweilige Erdplanum durch den geotechnischen Sachverständigen auf Tragfähigkeit zu überprüfen und ggf. erforderliche gründungstechnische Zusatzmaßnahmen durch Verstärkung der Gründungspolster auf der Baustelle festzulegen.



3. Das Gründungspolster ist mit allseitigem Überstand gleich der Polsterdicke aus gut einbau- und verdichtungsfähigem, kornabgestuftem Schotter (z.B. Körnung 0/32 für Schottertragsschichten nach ZTV SoB-StB) lagenweise mit $\leq 0,3$ m Lagenstärke einzubauen und sorgfältig zu verdichten.

Als Verdichtungskriterium sollte ein Verdichtungsgrad von

$$\text{Verdichtungsgrad } D_{Pr} = 103 \%$$

zugrunde gelegt werden. Die Verdichtung ist baubegleitend durch Plattendruckversuche nach DIN 18134 zu kontrollieren.

4. Die Aushubsohlen sind generell an allen Standorten vor dem Einbau des Gründungspolsters zu überprüfen. Sofern hier geringer tragfähige Böden angetroffen werden, ist ein tieferer Bodenaushub sowie eine entsprechende Verstärkung des Gründungspolsters erforderlich.

Es wurde kein Schicht-, Stau- oder Grundwasser erkundet, es kann jedoch auch nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass sich auf der teils bindig ausgebildeten Verwitterungszone des Festgesteins Schicht- und Stauwässer befinden können.

Um zu vermeiden, dass zufließendes Schichtwasser in dem Gründungspolster aufgestaut wird, sollte in das Gründungspolster grundsätzlich eine Ringdrainage ($\varnothing 100$ mm) mit rückstausicherem Anschluss an die Vorflut eingebaut werden. Hangseitig sind umlaufend um die Baugrube Entwässerungsgräben anzulegen, um einen Zufluss von Oberflächenwasser in die Baugrube zu vermeiden.



9. Zufahrten, Kranstellflächen

Die geplanten Geländehöhen an den Standorten der Windenergieanlagen sind in /7/ angegeben.

Geländehöhen aus /7/:

M-WEA 1: 341,51 m NN

M-WEA 2: 350,06 m NN

M-WEA 3: 366,54 m NN

M-WEA 4: 375,11 m NN

M-WEA 5: 356,37 m NN

M-WEA 6: 364,26 m NN

Genaue Planungshöhen liegen für die Kranstellflächen nicht vor.

Bei den Aufschlüssen wurden unterhalb des Oberbodens oberflächennah überwiegend Decklehme und z.T. Hangschutt angetroffen. Darunter folgt die Verwitterungszone des Buntsandsteins/Zechsteins.

Es ist davon auszugehen, dass die Flächen möglichst im Massenausgleich durch Abtrag und Geländeauffüllung hergestellt werden. Die Geländeauffüllung ist nach Abtrag des Oberbodens lagenweise aufzubauen und sorgfältig zu verdichten. Die Einbau- und Verdichtungsfähigkeit der bindigen und gemischtkörnigen Aushubböden ist durch die Zugabe von hydraulischem Bindemittel zu verbessern. Das Erdplanum im Einschnittsbereich bzw. im Geländeauftragsbereich ist ebenfalls vor Überschüttung durch Bodenaustausch oder Einfräsen von hydraulischem Bindemittel zu stabilisieren.

Sofern sich aus der Planung nicht höhere Anforderungen ergeben, sollte als Verdichtungsziel für die Geländeregulierung im Bereich der Kranstellflächen ein Verdichtungsgrad von

Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100 \%$

zugrunde gelegt werden.

Die eingesetzten Baumaschinen, die Einbaubedingungen und die erforderlichen Bindemittelzugabe (voraussichtlich 2 – 3 % Mischbinder) sollte im Probefeldbau festgelegt werden. Für die Geländeanschlüttungen sind baubegleitende Kontrollprüfungen vorzusehen.



Die Kranaufstellflächen sind nach Herstellung der Geländeauffüllung und Bodenabtrag im Geländeeinschnitt sowie Herstellung eines ausreichend tragfähigen Erdplanums mit einer Aufbaustärke von mindestens 80 cm z.B. aus Kalksteinschotter der Körnung 0/45 mm standsicher herzustellen.

Die Kranstellflächen sind bauzeitig und nachbauzeitig mittels Drainrohren rückstausicher zu entwässern und an die Vorflut anzuschließen. Hierzu ist ein ausreichendes Gefälle des Planums vorzusehen.

Für die Planung der Zuwegung ist für die hier angetroffenen bindigen und gemischtkörnigen Böden der quartären Deckschichten von der **Frostempfindlichkeitsklasse F3** gemäß ZTVE-StB auszugehen.

Das freigelegte Erdplanum wird die nach ZTVE-StB erforderlichen Tragfähigkeitseigenschaften ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) voraussichtlich zum großen Teil (insbesondere im Bereich der bindigen Böden) nicht erreichen, so dass hier eine Bodenverbesserung bzw. ein Bodenaustausch (abhängig von der Witterung ca. 30 – 50 cm) erforderlich wird. Das freigelegte Erdplanum ist z.B. durch Einfräsen von ca. 2 - 3 Gew.-% Mischbinder tragfähig und witterungsunempfindlich herzustellen.



10. Bautechnische Empfehlungen

1. Den erforderlichen Aushub empfehlen wir Ihnen mit einem Tieflöffel-Baggergerät von OK Gelände aus im Rückwärtseinschnitt auszuführen. Das Erdplanum sollte im Bereich empfindlicher bindiger Böden der Lehme und der bindigen Verwitterungszone nicht direkt mit schweren Erdfördermaschinen befahren werden und ist gegen Witterungseinflüsse zu schützen.

Zufahrtsstraßen und Lagerplätze sollten ebenfalls durch vor-Kopf-geschüttete Schotterpolsster geschützt werden.

2. Baugrubenböschungen können bei Einhaltung der Vorgaben der DIN 4124 bis in eine Tiefe von 5 m unter 45° Böschungsneigung abgeböschert werden. In Bereichen von Böden mit durchgehend mindestens steifer Konsistenz können die Baugrubenböschungen steiler mit einer Neigung bis zu 60° hergestellt werden. Ab einer Tiefe von 5 m wird ein Standsicherheitsnachweis bzw. ggf. ein Verbau erforderlich. Die Randbedingungen gemäß DIN 4124 sind jeweils zu beachten.

Bei Schichtwasseraustritten innerhalb der Baugrubenböschungen sind diese mit einer filterstabilen Kiesschüttung abzudecken und gegen Ausfließen zu sichern.

Zur Trockenhaltung der Baugrube bzw. des Erdplanums ist eine

offene Wasserhaltung

einzurichten.

3. Für die nachbauzeitigen Böschungen ist im Allgemeinen von einer Regelneigung von 1 : 1,5 auszugehen. Nach Vorlage entsprechender Planunterlagen ist ggf. die Standsicherheit der nachbauzeitigen Böschungen nachzuweisen.

Der Bodenauftrag ist aus gut einbau- und verdichtungsfähigem Material mit ausreichender Scherfestigkeit lagenweise aufzubauen und zu verdichten. Der Bodenauftrag ist nach Abtrag der humosen Mutterbodenschicht und evtl. lokal aufgeweichter Böden herzustellen. Bei geneigtem Urgelände mit einer Neigung $> 1 : 8$ ist das Planum abzutrepfen. Am Fuß der Auftragsböschungen ist insbesondere bei stärker geneigtem Urgelände ggf. eine Abflachung bzw. Ausrundung vorzusehen.



Gegebenenfalls ist am Böschungsfuß Schotter mit hoher Scherfestigkeit einzubauen, um die Sicherheit gegen Gleiten am Böschungsfuß zu gewährleisten.

Für die talseitigen Böschungen unterhalb der WEAs ist vorbehaltlich der Ergebnisse genauerer Standsicherheitsbetrachtungen zu empfehlen, die Böschungsneigung auf 1 : 2 zu begrenzen.

4. Die im Baubereich oberflächennah anfallenden Aushubböden können innerhalb der Baumaßnahme z. B. zur Verfüllung von Rest- und Arbeitsräumen oder zur Geländeanschüttung verwendet werden. Ohne zusätzliche Maßnahmen zur Bodenverbesserung sind die Anteile an bindigen und gemischtkörnigen Böden abhängig von der Witterung jedoch nur mäßig bis schlecht einbau- und verdichtungsfähig. Die Bodenverbesserung sollte zweckmäßigerweise durch Einfräsen von hydraulischen Bindemitteln (ca. 2-3 Gew.-% Mischbinder oder Weißfeinkalk) erfolgen.

Böden mit größeren Steinen oder Blöcken können nicht durch Einfräsen von hydraulischem Bindemittel verbessert werden, da die Steinanteile und Blöcke den Einsatz einer Bodenfräse verhindern. Diese Böden können ohne weitere Aufbereitung nur zur Geländeanschüttung in Bereichen eingesetzt werden, in denen nachbauzeitige Setzungen bzw. Sackungen zugelassen werden können.

5. Zur Gewährleistung einer qualifizierten Bodenverbesserung mit Bindemittel ist der Wiedereinbau der bindigen Böden durch bodenmechanische Eignungs- und Kontrollprüfungen zu begleiten. In Bereichen, die später überbaut werden, sollte (abhängig von den Anforderungen) ein Verdichtungsgrad zugrunde gelegt werden von

Wiedereinbau bindiger und gemischtkörniger Aushubböden

Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 98 \%$.

6. Kiesige und sandige Aushubböden mit geringen Feinkornanteilen und begrenzten Steinanteilen können im Allgemeinen für Arbeitsraumverfüllungen und zur Geländeanschüttung ohne Zusatz von Bindemitteln eingesetzt werden. Größere Steine oder Blöcke sowie Aushubanteile aus den Festgesteinen sind auszusortieren oder für einen kontrollierten Wiedereinbau aufzubereiten.



11. Weiterführende Untersuchungen

Die durchgeführten Sondierungen haben den Gründungshorizont nicht überall erreicht. Weitere geotechnische Untersuchungen des Baugrundes sind aus unserer Sicht vor allem zur Erkundung des Festgesteins erforderlich.

Die geplanten Anlagenstandorte stehen nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung in einer Gesteinsformation, in der mit Karsterscheinungen gerechnet werden muss. Nach den Informationen aus dem Geoportal von NRW werden insb. im näheren Umfeld der Standorte WEA 1, 2 und 5 Erdfälle ausgewiesen.

Wir empfehlen die Durchführung von mindestens zwei ergänzenden Baggerschürfen pro Anlage. Darüber hinaus sollte, zur Minimierung des geotechnischen Risikos je Windenergieanlage zusätzlich 1 maschinelle Aufschlussbohrung bis in den Festgesteinshorizont (Bohrtiefe mind. 20 m) ausgeführt werden.

Im Zuge der Ausführung sind Festlegungen und Kontrollprüfungen für die Herstellung und Abnahme von Probefeldern bei einer Vermörtelung von Aufbauschichten sowie ggf. Eignungsprüfungen an den für den Aufbau angebotenen Fremdböden durchzuführen.

Es sollten zudem planungsbegleitende Abstimmungen mit uns erfolgen, um geotechnisch relevante Auswirkungen aus den Bauwerkskonzipierungen frühzeitig berücksichtigen zu können.

Im Rahmen der Aushubarbeiten ist die örtliche Abnahme der Gründungssohlen durch uns zwingend erforderlich, um gegebenenfalls notwendige Zusatzmaßnahmen festlegen zu können. Zur Terminabstimmung wird rechtzeitig um Benachrichtigung gebeten.



12. Schlussbemerkungen

Schädliche Auswirkungen aus den zur Bauwerksgründung empfohlenen Maßnahmen auf vorhandene benachbarte Gebäude können bei Einhaltung unserer Empfehlungen ausgeschlossen werden.

Alle Materialien zum Einbau / Wiedereinbau sind hinsichtlich ihrer Einbau- und Verdichtungsfähigkeit durch uns prüfen zu lassen, sofern keine Gütezeugnisse vorliegen.

Nach Fertigstellung sollten uns die gründungsbezogenen Planunterlagen mit Hinblick auf die bodenmechanisch relevanten Angaben zur Prüfung vorgelegt werden.

Die Haftungsübernahme für die Angaben in diesem Gutachten setzt die Einhaltung aller relevanten Empfehlungen voraus.

Die Baugrundaufschlüsse lassen zwangsläufig nur punktuell die genaue Erfassung des Baugrundes zu, so dass Abweichungen zu den vorgefundenen und beschriebenen Baugrundverhältnissen möglich sind, die sich letztlich erst in den geöffneten Baugruben genau erkennen und im Zuge der örtlichen Abnahmen beurteilen lassen.

Die vorstehend beschriebenen Diskrepanzen der Fundamentabmessungen in den Unterlagen /9/ sowie /10/ und /11/ sollten abschließend geklärt werden.

Kassel, 17.09.2024

Dipl.-Geol. T. Deichmann

Dr.-Ing. V. Schwarz