

**12.6 Sonstiges**

Begutachtung  
der Einflüsse des Windparks  
Wöbbelin II WEA-5 (1 WEA)  
auf das bereits installierte Automatisierte  
Waldbrandfrüherkennungssystem  
FireWatch (FW)

Bodenschutzkonzept

Bodengutachten WEA 5

Herstellungskosten Enercon E-138 EP 3

Anlagen:

- 2020-08-19\_0383\_Wöbbelin-III\_WEA5\_Ergebnisse.pdf
- 2022-05-16\_WEA 5 Wöbbelin Bodengutachten.pdf
- Bodenschutzkonzept WP Wöbbelin .pdf
- Herstellkosten\_pro\_WEA\_ E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01\_FG\_rev05.pdf

**Begutachtung  
der Einflüsse des Windparks  
„Wöbbelin III WEA-5“ (1 WEA)  
auf das bereits installierte Automatisierte  
Waldbrandfrüherkennungssystem  
FireWatch (FW)**

Auftraggeber:  
NaturStromProjekte GmbH  
Schulstraße 6a  
01968 Senftenberg

Auftragnehmer/Gutachter:  
IQ wireless GmbH  
Carl-Scheele-Str. 14  
12489 Berlin

# Inhalt

1. Aufgabenstellung .....	3
2. Grundlagen .....	3
2.1 Gesetzliche Grundlagen .....	3
2.2 Fachliche Beurteilungsgrundlagen.....	4
2.3 Fachliche Beurteilungskriterien.....	5
3. Planung des Windparkvorhabens.....	7
3.1 Windparks in der Umgebung .....	7
3.2 Geografische Lage .....	9
3.3 Bestehende Situation .....	11
3.3.1 Rechnerische Analyse .....	11
3.3.2 Dokumentation der aktuellen Situation aus Sicht der OSS.....	15
3.4 Sichtabdeckungen durch den zu errichtenden Windpark .....	17
3.5 Einschränkung von möglichen Kreuzpeilungen .....	21
3.6 Beeinträchtigung von FireWatch-Funklinien.....	22
4. Gutachten .....	27

# 1. Aufgabenstellung

Die NaturStromProjekte GmbH (Auftraggeber) hat mit Email vom 18.08.2020 die IQ wireless GmbH (Auftragnehmer) beauftragt, ein Gutachten zu erstellen inwiefern das Windpark-Vorhaben „Wöbbelin III WEA-5“ das bereits installierte Automatisierte Waldbrandfrüherkennungssystem (AWFS) FireWatch (FW) beeinflusst.

Fragestellung: Welche Einflüsse ergeben sich durch das geplante Windparkvorhaben „Wöbbelin III WEA-5“ auf das bereits installierte Automatisierte Waldbrandfrüherkennungssystem (AWFS) FireWatch (FW)? Stellen diese Einflüsse eine erhebliche Einschränkung des AWFS dar und durch welche Kompensationsmaßnahmen lassen sich diese Einflüsse ausgleichen?

## 2. Grundlagen

### 2.1 Gesetzliche Grundlagen

Laut dem Erlass zum Verfahren der forstbehördlichen Beteiligung beim Bau und Betrieb von Windenergieanlagen vom 22. Juli 2013 hat der Antragsteller für die WEA sicher zu stellen, dass die automatisierte Waldbrandfrüherkennung sowie zugehörige Funkstrecken durch den Betrieb der geplanten WEA nicht gestört werden. Der Antragsteller hat dazu vor Inbetriebnahme der WEA auf eigene Kosten einen Unbedenklichkeitsnachweis des Betreibers des Waldbrandfrüherkennungssystems oder eines vom Betreiber benannten Dritten vorzulegen.

Laut dem Durchführungserlass zum Waldbrandrunderlass des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt und des Ministeriums für Inneres und Europa des Landes Mecklenburg-Vorpommern vom 24. April 2019, Abschnitt 2.1.4.3 Prüfung von Auswirkungen auf Waldbrandüberwachungsanlagen durch Planung, Bau oder Erweiterung von Windenergieanlagen (WEA), ist zur Umsetzung von §14 Abs. 3 WaldBrSchVO nach dem Erlass der OFB vom 22. Juli 2013 der Zentrale der LFoA durch den Vorhabenträger ein Gutachten über die Auswirkungen des Bauvorhabens vorzulegen. Werden durch das Gutachten negative Auswirkungen festgestellt, ist die uneingeschränkte Funktionsfähigkeit der AWFS-Anlagen vom Vorhabenträger durch geeignete Maßnahmen, wie etwa die Verlegung eines Kamerastandortes oder den Neubau einer zusätzlichen Kameraüberwachungsanlage, vollständig wiederherzustellen.

## 2.2 Fachliche Beurteilungsgrundlagen

Das Automatisierte Waldbrandfrüherkennungssystem (AWFS) FireWatch (FW) arbeitet auf der Grundlage optischer Rauchererkennung.

Eine Rauchererkennung ist mit dem optischen Sensorsystem (OSS) hinter Windenergieanlagen (WEA) wegen der Luftverwirbelung und der Sichtabschattung durch die Rotorblätter nicht möglich.

Hinzu kommt die Sichtabdeckung durch die Maste der Windenergieanlagen. Diese führen u.a. auch dazu, dass die adaptiven Algorithmen der automatischen Rauchererkennung ihre lokalen Schwellwerte verändern, so dass es in den Sektoren in denen die Maste der Anlagen stehen zu einer Reduzierung der Empfindlichkeit der Rauchererkennung kommt. Diese Effekte ließen sich zwar durch eine entsprechende farbige und blendfreie Beschichtung der WEA in Grün- und Brauntönen verringern. Die WEA wären dann aber als Luftfahrthindernis nur schwer erkennbar.

Darüber hinaus führen die Luftverwirbelungen im Bereich der bewegten Rotorblätter zu Fehlalarmen, die sich nur mit der automatischen Erkennung der Anlagen unterdrücken lassen. Die Rauchererkennungsalgorithmen erzeugen um das obere Ende von Windenergieanlagen Ausschlussgebiete, in denen eine Rauchererkennung nicht mehr möglich ist. Abbildung 1 illustriert dieses Verhalten.



Abbildung 1: Automatisch generierte Ausschlussgebiete um Rotoren von WEA

Die Errichtung von Windparks in oder in der Nähe von Waldgebieten mit vorhandener automatischer Waldbrandfrüherkennung führt daher nahezu zwangsläufig zu einer Beeinträchtigung des automatisierten Frühwarnsystems.



**Abbildung 2: Gebiet mit starker Beeinträchtigung des Waldbrandfrüherkennungssystems**

## 2.3 Fachliche Beurteilungskriterien

Um die Auswirkungen von WEA auf das Waldbrandfrüherkennungssystem zu beurteilen werden die Sichtfelder eines jeden in Frage kommenden Sensorstandortes simuliert, jeweils ohne und mit den neu zu errichtenden WEA.

Dazu werden die vom Auftraggeber übergebenen Koordinaten der WEA in ein GeoShape transferiert und mit Hilfe eines Geoinformationssystems mit den Sensorstandorten des AWFS und einer Landkarte grafisch dargestellt. Für das Mecklenburg-Vorpommern wird mit einer Sichtweite von 20km gerechnet, welche der durchschnittlichen Sichtweite bei verschiedenen Wetterbedingungen entspricht. Die Wetterbedingungen finden ansonsten aufgrund ihrer Komplexität keine Beachtung innerhalb der Begutachtung. Alle Standorte innerhalb dieser angenommenen Sichtweite und auch Standorte die zwar weiter entfernt liegen, theoretisch aber Kompensationen für andere in Reichweite befindliche Standorte liefern könnten, werden in die Betrachtungen aufgenommen. Für die rechnerische Simulation fließen neben den Koordinaten der WEA und OSS auch die Nabenhöhen und Rotordurchmesser der WEA sowie die Installationshöhen und optischen Öffnungswinkel der Sensoren des AWFS ein. Unter Zuhilfenahme eines digitalen Geländemodells (DGM) wird innerhalb der Simulation geprüft welche Gebiete von den Masten und Rotoren der WEA verdeckt und damit nicht mehr einsehbar sind. Dabei kommt auch zum Tragen ob unter den Rotoren der WEA hindurchgeschaut werden kann und somit nur die Maste der WEA stören, nicht aber die viel größeren Rotoren. Ein Hinwegschauen über die WEA ist aufgrund ihrer im Vergleich zu den Standorten des AWFS immensen Größe selten möglich. Um vom AWFS erkannt zu werden muss der Rauch über mögliche Baumwipfel aufsteigen, sodass als Simulationsgrundlage eine Rauchhöhe von 20 m angenommen wird.

Der Einfluss neu zu errichtender WEA hängt in zunehmendem Maße auch von dem Bestehen vorhandener WEA ab, welche als Vorbelastung ihren Wiederklang finden. Es wird also ebenso

geprüft inwieweit bestehende WEA ein bestimmtes Gebiet bereits aus Sicht der OSS verdecken und den Einfluss der neuen WEA damit verringern oder gar aufheben.

Nach Beurteilung der Sichtfelder einzelner Sensoren und evtl. Kompensation durch andere Sensoren, wird geprüft inwieweit das Zusammenspiel benachbarter Sensoren, die Fähigkeit sogenannte Kreuzpeilungen auszuführen, beeinträchtigt wird. Hierzu werden die simulierten Sichtfelder der einzelnen Sensoren digital übereinandergelegt und ebenso ein Vorher-Nachher-Vergleich durchgeführt.

Eine Vielzahl der Sensoren ist mit Hilfe von Richtfunkstrecken untereinander und mit der betreffenden Waldbrandzentrale verbunden, sodass auch eine Prüfung auf Beeinflussung dieser Richtfunkstrecken notwendig wird. Um eine sichere Richtfunkverbindung zwischen zwei Standorten zu gewährleisten, muss nicht nur die direkte Sichtverbindung frei von Hindernissen sein, sondern auch das Ausbreitungsgebiet des Funksignals, die sogenannte 1. Fresnelzone. Als Hindernisse sind bei WEA sowohl der Mast als auch die Rotorblätter in allen Stellungen anzusehen.

Alle standort- und sensorrelevanten Daten der OSS werden vom Landesforst Mecklenburg-Vorpommern als Betreiber und Eigentümer des AWFS zur Verfügung gestellt. Die Parameter der neu zu errichtenden WEA werden vom Auftraggeber beigebracht. Die Daten der bestehenden WEA sind aus der Historie bekannt oder werden ebenso vom Auftraggeber übermittelt.

Für die Durchführung der Simulationsberechnungen dient ein eigenentwickeltes proprietäres Programm, welches unter „Matlab“ Version 2018A zur Anwendung kommt. Als Geoinformationssystem wird „QGIS“ in der Version 3.6-Noosa verwendet. Zur Aufbereitung und ggf. Umwandlung der vom Auftraggeber übergebenen Koordinaten der WEA wird das Programm „Transdat“ in der Version 19.60 verwendet.

### 3. Planung des Windparkvorhabens

Auf einem Feldstück westlich der L072 zwischen den Ortschaften Ludwigslust und Wöbbelin soll der bestehende Windpark um den Windpark „Wöbbelin III WEA-5“ mit 1 Windenergieanlage (WEA) mit folgenden Parametern an folgendem Standort (Lagedaten jeweils in UTM / ETRS89) erweitert werden:

UTM Rechts	UTM Hoch	ü. NN / m	Nabenhöhe / m	Rotordurchmesser / m	Bezeichnung
33266407	5920504	30	130,8	138,25	WP Wöbbelin III 5

#### 3.1 Windparks in der Umgebung

In der weiteren Umgebung befinden sich weitere WEA im Sichtfeld der betreffenden FireWatch-Sensoren.

Nr.	UTM Rechts	UTM Hoch	ü. NN / m	Nabenhöhe / m	Rotordurchmesser / m	Bezeichnung
1*	33266646	5919595	33.63	130.53	138.6	WP Wöbbelin 1
2*	33265994	5919612	32.94	130.53	138.6	WP Wöbbelin 2
3*	33266472	5920092	32.69	130.53	138.6	WP Wöbbelin 3
4*	33266993	5920112	33.31	130.8	138.25	WP Wöbbelin II 4
5*	33268357	5920430	33.5	134	131	WP Wöbbelin VB01
6*	33268508	5920084	34	164	149	WP Wöbbelin VB02
7*	33267765	5917746	34.7	164	149	WP Groß Laasch 1
8*	33267334	5917744	33.4	164	149	WP Groß Laasch 2
9	33255864	5930441	31.7	140.6	116.8	WP Hooort 1
10	33256320	5930499	33.2	140.6	116.8	WP Hooort 2
11	33256354	5930066	32.5	140.6	116.8	WP Hooort 3
12	33256930	5929898	32.8	140.6	116.8	WP Hooort 4
13	33257685	5929361	33	140.6	116.8	WP Hooort 5
14	33256733	5930783	34.4	140.6	116.8	WP Hooort 6
15	33257066	5930573	35.3	140.6	116.8	WP Hooort 7
16	33257438	5930175	34.7	140.6	116.8	WP Hooort 8
17	33257663	5929862	34.1	140.6	116.8	WP Hooort 9
18	33258113	5929544	34	140.6	116.8	WP Hooort 10
19	33257006	5931044	35.3	140.6	116.8	WP Hooort 11
20	33257467	5930833	36.1	140.6	116.8	WP Hooort 12
21	33257746	5930553	35.3	140.6	116.8	WP Hooort 13
22	33258055	5930273	34.9	140.6	116.8	WP Hooort 14
23	33258325	5929912	35.2	140.6	116.8	WP Hooort 15
24	33258579	5930400	35.7	140.6	116.8	WP Hooort 16



<b>25</b>	33259077	5930581	37	140.6	116.8	WP Hoort 17
<b>26</b>	33256725	5930243	33.9	140.6	116.8	WP Hoort 18
<b>27</b>	33249305	5917270	15	92	115.71	WP Groß Krams 1
<b>28</b>	33249777	5917427	16	92	115.71	WP Groß Krams 2
<b>29</b>	33249658	5917045	16	92	115.71	WP Groß Krams 3
<b>30</b>	33250424	5917153	18	92	115.71	WP Groß Krams 4
<b>31</b>	33265924	5905173	26	160	138.6	WP Wanzlitz 15
<b>32</b>	33266270	5905268	26.5	160	138.6	WP Wanzlitz 17
<b>33</b>	33266649	5905371	27	160	138.6	WP Wanzlitz 18
<b>34</b>	33266685	5905016	27	160	138.6	WP Wanzlitz 19
<b>35</b>	33266969	5905238	27.5	160	138.6	WP Wanzlitz 20
<b>36</b>	33267027	5904880	27.5	160	138.6	WP Wanzlitz 21
<b>37</b>	33266465	5905717	26.5	149	115.71	WP Wanzlitz 22
<b>38</b>	33255618	5906457	22	165	131	WP Karenz 1
<b>39</b>	33255762	5906086	22	165	131	WP Karenz 2
<b>40</b>	33256148	5906053	22	165	131	WP Karenz 3
<b>41</b>	33255227	5906478	22	165	131	WP Karenz 4

\* vorab geplante WEA

## 3.2 Geografische Lage

Die Lage der Windenergieanlagen ist in folgenden Karten mit kleinen roten Kreisen markiert. Die neu zu errichtende WEA ist violett dargestellt, vorab geplante WEA orange. Die Standorte der OSS des Waldbrandfrüherkennungsystems sind mit größeren blauen Kreisen markiert.



Abbildung 3: Lage der OSS und der Windparks in der Übersicht. Die violette Kreisfläche kennzeichnet die neu zu errichtende Anlage, vorab geplante WEA sind orange, die OSS-Standorte blau markiert.



Abbildung 4: Lage der geplanten Windenergieanlage im Detail (violett)

### 3.3 Bestehende Situation

#### 3.3.1 Rechnerische Analyse

Es wurden unter Berücksichtigung von Höhenlagen und Erdkrümmung die Sichtfelder für das Gebiet des Windparks „Wöbbelin III WEA-5“ berechnet. Dabei wurde angenommen, dass der Rauch bis zu 20m über das Gelände aufsteigen darf, bevor er von einem OSS erkannt wird.

Die für die Berechnungen als maximal angenommene Sichtweite wurde mit 20km kalkuliert, welche der durchschnittlichen Sichtweite bei verschiedenen Wetterbedingungen in diesem Gebiet entspricht.

Aus der Übersichtskarte nach Abbildung 3 ist ersichtlich, dass die in der Nähe des Windparks befindlichen OSS Bandenitz, Redefin, Picher, Groß Laasch, Polnitz, Karenz und Dadow für die Berechnung der Sichtfelder in Betracht kommen.

Alle Sensoren sind der Waldbrandzentrale Mirow (Mecklenburg-Vorpommern) zugeordnet.

UTM Rechts	UTM Hoch	H_Fuss / m ü. NN	H_Sensor / m ü. NN	Name	Lage des Windparks in °	Entfernung zum Windpark / km
33252885	5932811	36	91	Bandenitz	132.4	18.3
33247469	5917219	17	84	Redefin	80.1	19.2
33257417	5916405	60	95	Picher	65.4	9.9
33269904	5917439	38	78	Groß Laasch	311.3	4.7
33292075	5913842	119	159	Polnitz	284.6	26.5
33256072	5903636	65	105	Karenz	31.5	19.8
33267200	5902216	57	97	Dadow	357.5	18.3

Das Ergebnis der Analyse des Ist-Zustandes ist in den folgenden Abbildungen dargestellt. Dabei sind die Flächen, die von den jeweiligen Sensoren eingesehen werden können blau eingefärbt. Die rosagefärbten Kästchen stellen bestehende WEA dar.

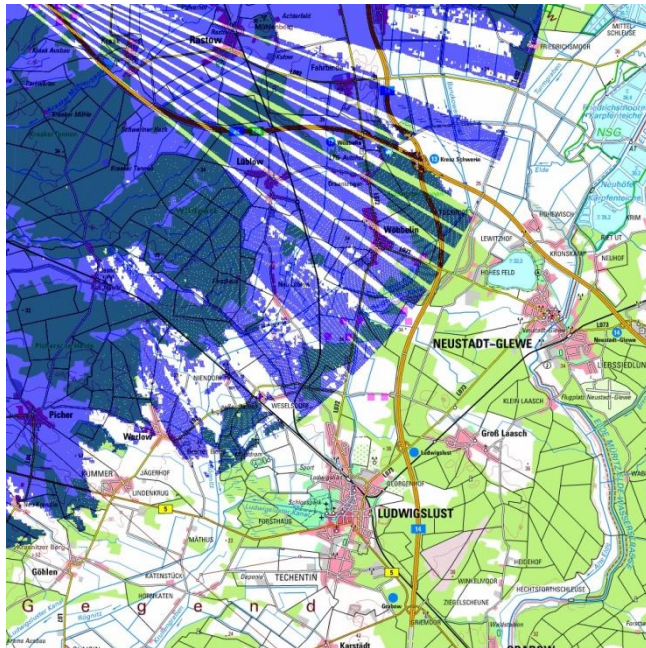


Abbildung 5: Sichtfeld des Sensors Bandenitz für das Gebiet Wöbbelin

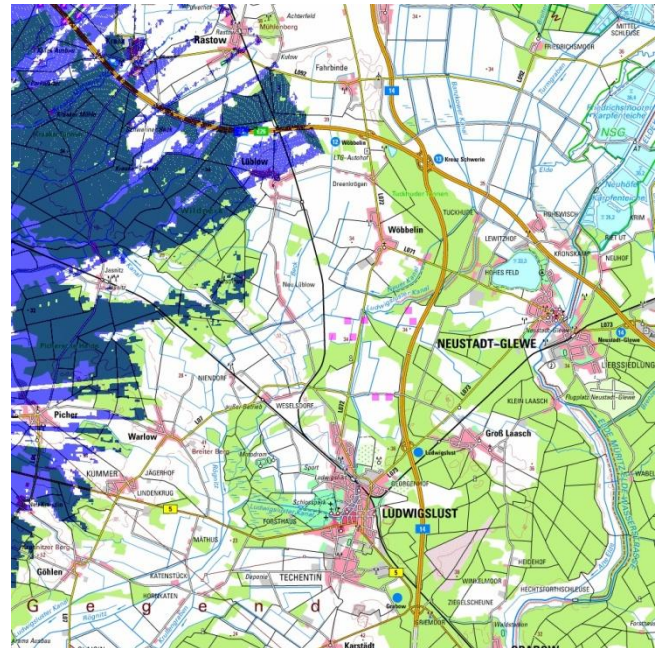


Abbildung 6: Sichtfeld des Sensors Redefin für das Gebiet Wöbbelin

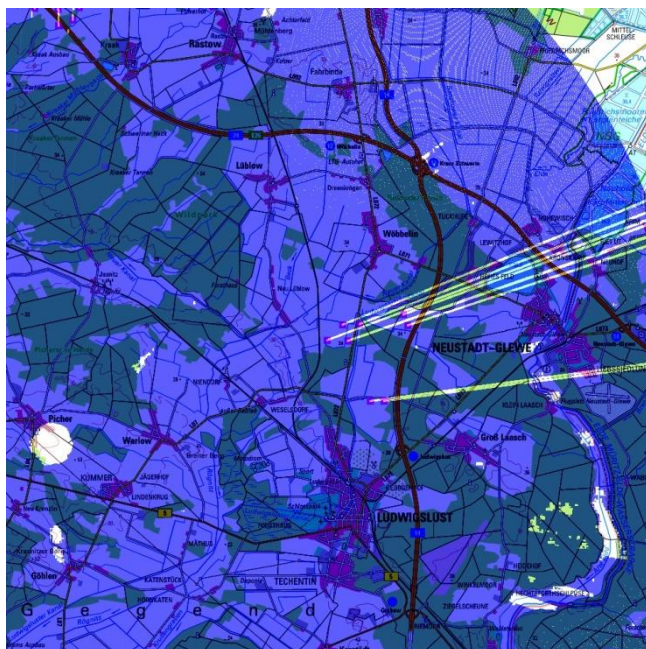


Abbildung 7: Sichtfeld des Sensors Picher für das Gebiet Wöbbelin



Abbildung 8: Sichtfeld des Sensors Groß Laasch für das Gebiet Wöbbelin



Abbildung 9: Sichtfeld des Sensors Polnitz für das Gebiet Wöbbelin

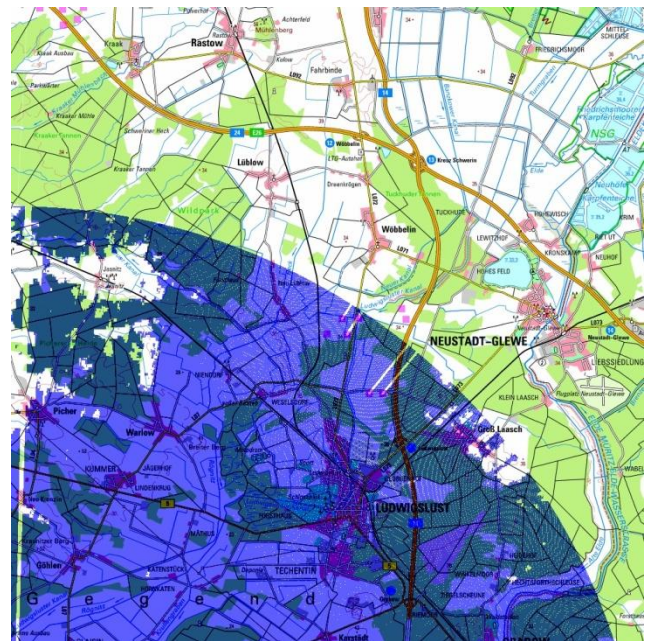


Abbildung 10: Sichtfeld des Sensors Karez für das Gebiet Wöbbelin

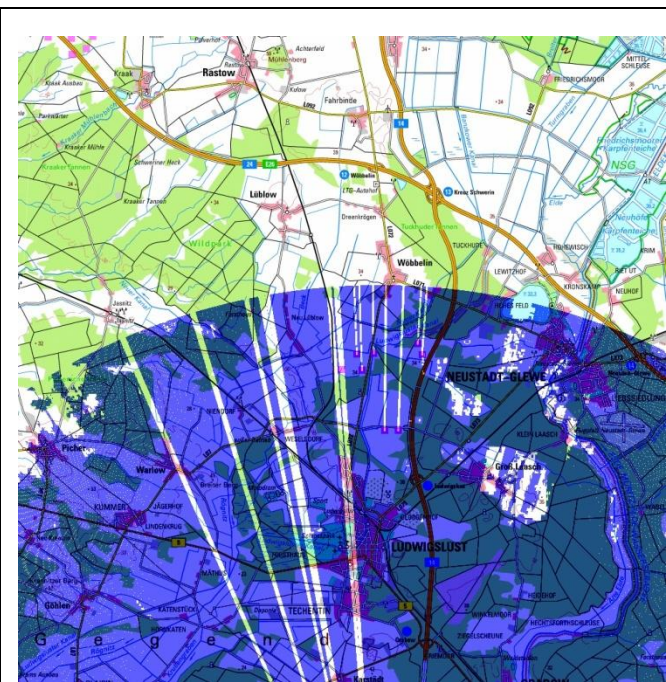


Abbildung 11: Sichtfeld des Sensors Dadow für das Gebiet Wöbbelin

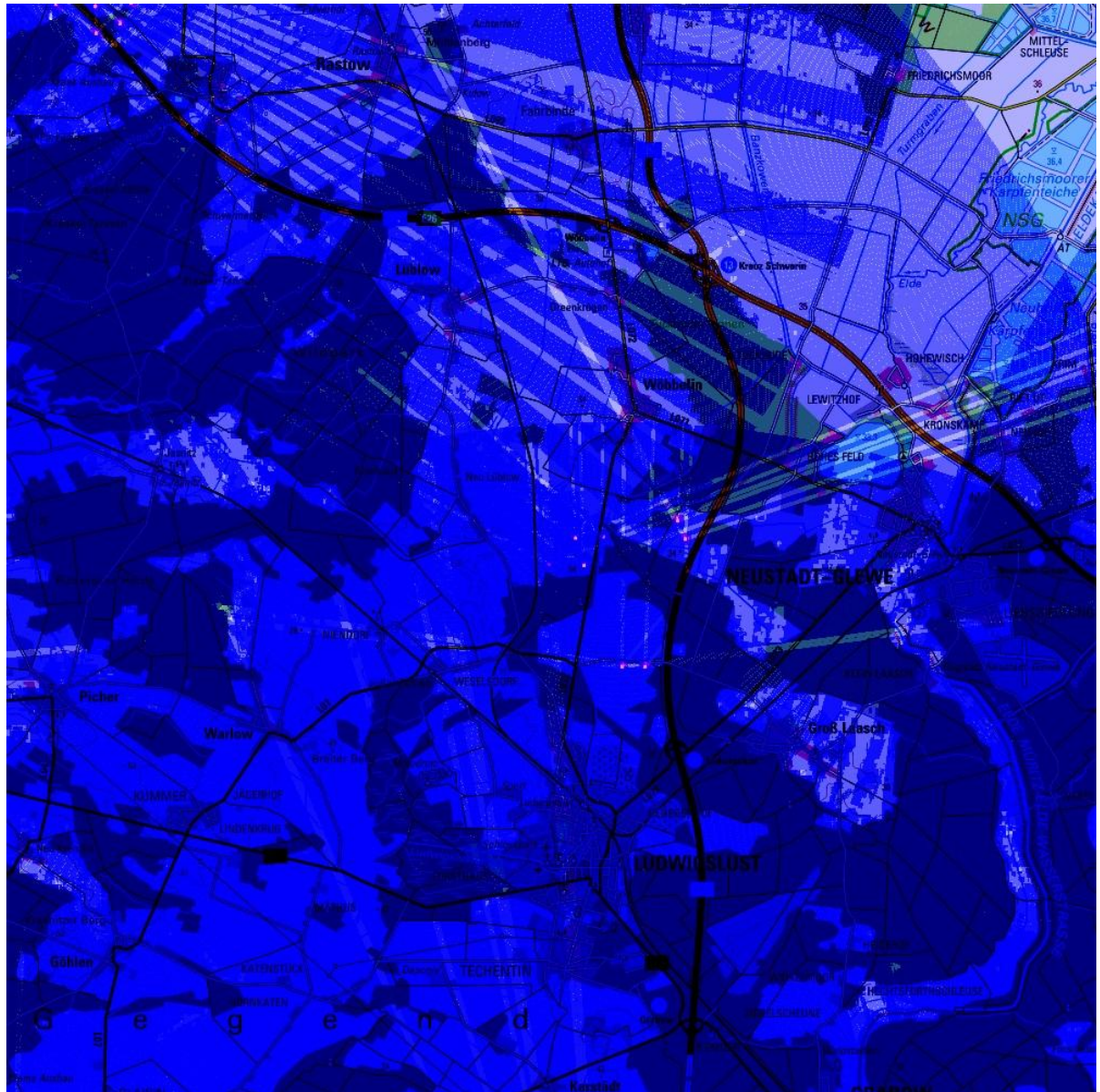


Abbildung 12: Kumuliertes Sichtfeld für alle betrachteten Sensoren für den Bereich Wöbbelin bei 20km Sichtweite

Es ist zu erkennen, dass das Gebiet um den Windpark „Wöbbelin III WEA-5“ durch die Sensoren Bandenitz, Redefin, Picher, Groß Laasch, Polnitz, Karenz und Dadow überwacht wird.

Der Sensor Polnitz arbeitet für dieses Gebiet jedoch bereits außerhalb seiner Grenzsichtweite, weshalb schon gute atmosphärische Bedingungen mit Sichtweiten bis 27km herrschen müssen um dieses Gebiet auch von diesem Sensor einzusehen.

### 3.3.2 Dokumentation der aktuellen Situation aus Sicht der OSS

Die folgenden Aufnahmen zeigen den Bereich in dem das Gebiet Wöbbelin liegt. Die rote Markierung zeigt jeweils den Bereich der neuen WEA an.

#### Sensor Bandenitz



119.5°

126.5°

133.5°

(Bilder vom 14.07.2020, Panorama-Ausschnitt)

#### Sensor Redefin



77.0°

84.0°

91.0°

(Bilder vom 14.07.2020, Panorama-Ausschnitt)

#### Sensor Picher



63.0°

70.0°

77.0°

(Bilder vom 14.07.2020, Panorama-Ausschnitt)



### Sensor Groß Laasch



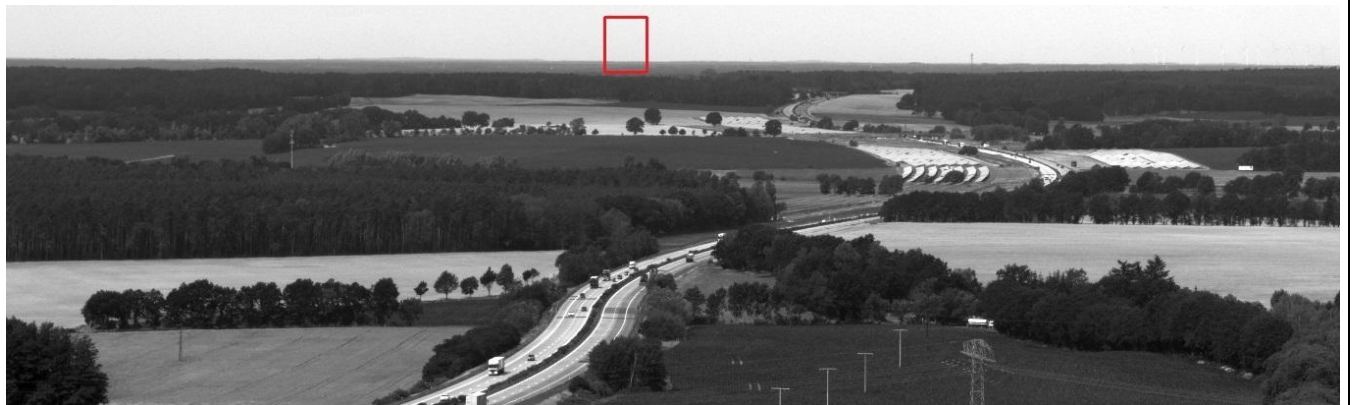
309.5°

316.5°

323.5°

(Bilder vom 14.07.2020, Panorama-Ausschnitt)

### Sensor Polnitz



278.0°

285.0°

292.0°

(Bilder vom 14.07.2020, Panorama-Ausschnitt)

### Sensor Karenz



29.5°

36.5°

43.5°

(Bilder vom 14.07.2020, Panorama-Ausschnitt)

## Sensor Dadow



351.5°

358.5°

5.5°

(Bilder vom 14.07.2020, Panorama-Ausschnitt)

### 3.4 Sichtabdeckungen durch den zu errichtenden Windpark

Es wurde unter Berücksichtigung von Höhenlage und Erdkrümmung das gemeinsame Sichtfeld für die Sensoren Bandenitz, Redefin, Picher, Groß Laasch, Polnitz, Karenz und Dadow berechnet. Dabei wurde angenommen, dass der Rauch bis zu 20m über das Gelände aufsteigen darf, bevor er vom Sensor erkannt wird.

Die genaue Rechnung zeigt die Sichtfeldeinschränkungen (rosafarbene Bereiche) durch den Windpark „Wöbbelin III WEA-5“ vor und nach dessen Errichtung.



Abbildung 13: Darstellung aller Sichteinschränkungen vor Errichtung des Windparks



Abbildung 14: Darstellung aller Sichteinschränkungen nach Errichtung des Windparks



Abbildung 15: Darstellung der verbleibenden Sichteinschränkungen nach Kumulation aller betrachteter Sensoren vor Errichtung des Windparks



Abbildung 16: Darstellung der verbleibenden Sichteinschränkungen nach Kumulation aller betrachteter Sensoren nach Errichtung des Windparks

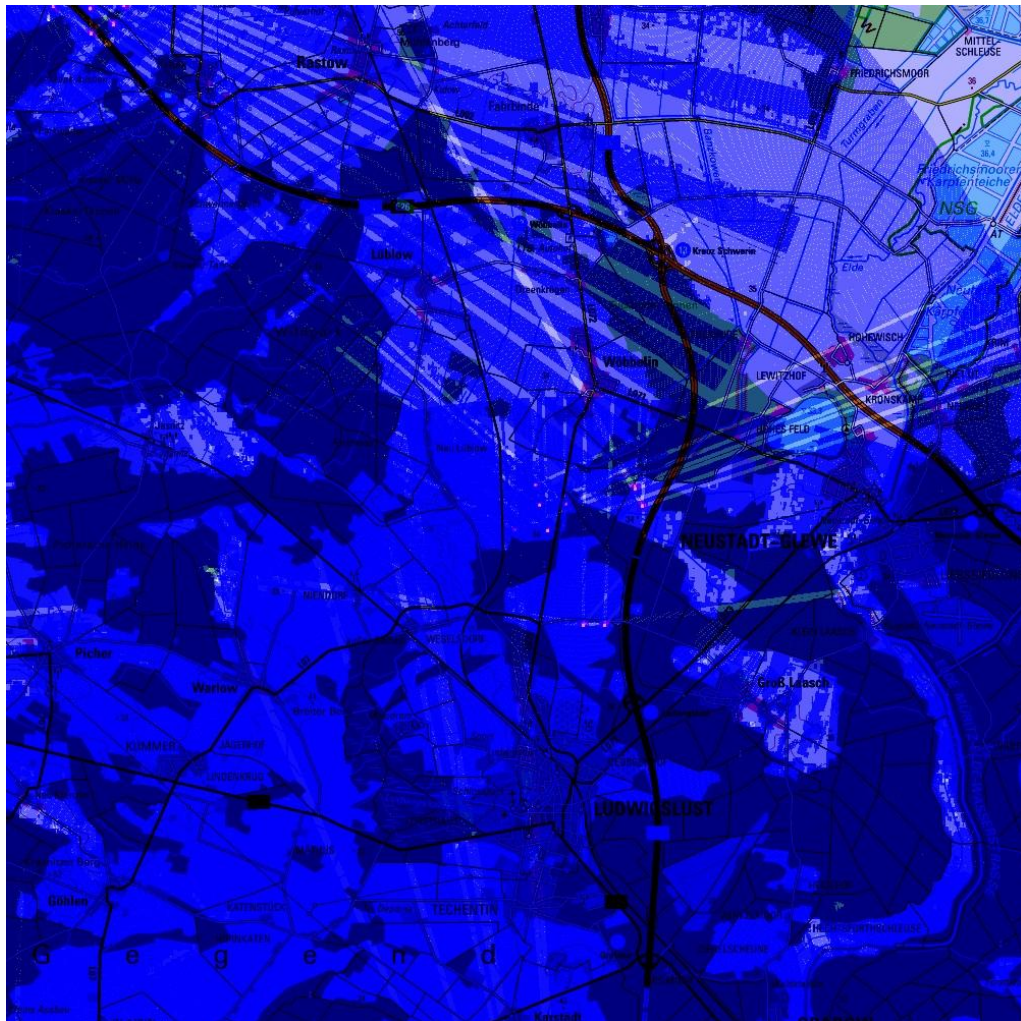


Abbildung 17: Kumuliertes Sichtfeld nach Errichtung des Windparks bei 20km Sichtweite

Der Sensor Bandenitz wird durch Bestandsanlagen im Gebiet um den zu errichtenden Windpark „Wöbbelin III WEA-5“ bei Sichtbedingungen bis 20km durch den Windpark bei Hoort auf ca. 1.955ha Waldfläche beeinflusst. Die vorab geplanten WEA beeinflussen den Sensor nur leicht auf etwa 10ha Waldfläche im Umfeld der WEA. Alle diese Einschränkungen werden jeweils vollständig von den Sensoren Picher und Groß Laasch und jeweils teilweise von Redefin, Karenz und Dadow kompensiert.

Durch die neu zu errichtende WEA erfährt dieser Sensor keine zusätzlichen Beeinflussungen auf Waldflächen.

Der Sensor Redefin wird bei Sichtbedingungen bis 20km weder durch Bestandsanlagen im Gebiet um den zu errichtenden Windpark „Wöbbelin III WEA-5“ noch durch die neu zu errichtende WEA beeinflusst.

Beim Sensor Picher gibt es durch die in Planung befindlichen Anlagen nördlich von Ludwigslust und westlich von Neustadt-Glewe Sichtfeldeinschränkungen von etwa 250ha Wald im Bereich Neustadt-Glewe, die aber vom Sensor Groß Laasch vollständig, sowie von Polnitz, Karenz und Dadow jeweils teilweise kompensiert werden.

Durch die neu zu errichtende WEA erfährt der Sensor Picher zusätzliche Beeinflussungen auf etwa 50ha Waldfläche nordwestlich von Neustadt-Glewe, die aber vom Sensor Groß Laasch vollständig und von Bandenitz und Dadow jeweils teilweise kompensiert werden können.

Für den Sensor Groß Laasch entstehen durch die in Planung befindlichen Anlagen nördlich von Ludwigslust und westlich von Neustadt-Glewe Sichtfeldeinschränkungen von etwa 655ha Wald nördlich von Picher, im Bereich Rastow und östlich von Hagenow bis Wöbbelin, welche jedoch jeweils vollständig von den Sensoren Bandenitz und Picher, sowie jeweils teilweise von Redefin, Karenz und Dadow kompensiert werden.

Durch die neu zu errichtende WEA erfährt der Sensor Groß Laasch zusätzliche Beeinflussungen auf etwa 50ha Waldfläche, die aber jeweils vollständig von den Sensoren Bandenitz, Redefin und Picher ausgeglichen werden können.

Der Sensor Polnitz wird bei Sichtbedingungen bis 20km weder durch Bestandsanlagen im Gebiet um den zu errichtenden Windpark „Wöbbelin III WEA-5“ noch durch die neu zu errichtende WEA beeinflusst.

Der Sensor Karenz erfährt durch die in Planung befindlichen Anlagen nördlich von Ludwigslust Sichtfeldeinschränkungen auf etwa 15ha Waldflächen im Bereich der BAB14, die aber von den Sensoren Picher, Groß Laasch und Dadow jeweils vollständig kompensiert werden.

Die neu zu errichtende WEA bewirkt für diesen Sensor keine zusätzlichen Beeinflussungen.

Der Sensor Dadow wird durch Bestandsanlagen südlich von Karstädt und durch die in Planung befindlichen Anlagen nördlich von Ludwigslust und westlich von Neustadt-Glewe auf ca. 190ha Waldfläche südlich von Karstädt und westlich bis nördlich von Ludwigslust beeinflusst. Diese Beeinflussungen werden jeweils vollständig von den Sensoren Picher, Groß Laasch und Karenz, sowie auch teilweise von Bandenitz eingesehen.

Durch die neu zu errichtende WEA erfährt der Sensor Dadow lediglich Beeinflussungen auf Feldflächen.

### 3.5 Einschränkung von möglichen Kreuzpeilungen

Das Waldbrandfrüherkennungssystem lokalisiert Rauchquellen mittels genauer Peilungen von zwei oder mehr OSS-Standorten.



Abbildung 18: Gebiet in denen Kreuzpeilungen möglich sind vor Errichtung des Windparks

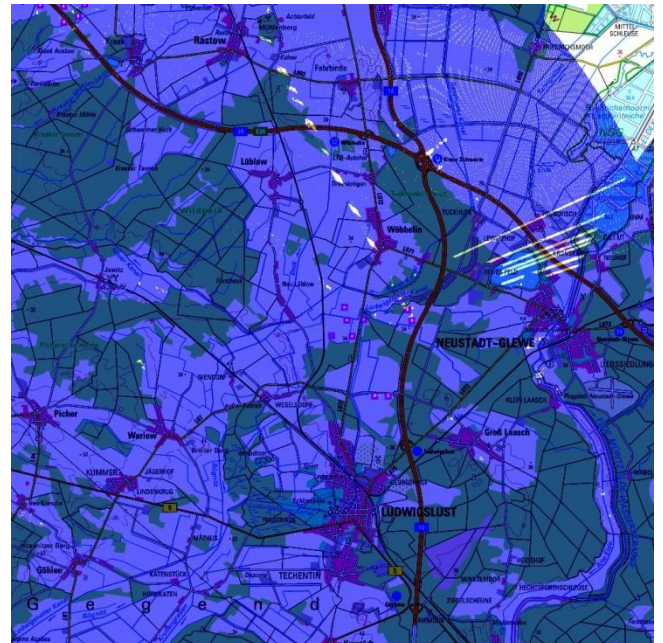


Abbildung 19: Gebiet in denen Kreuzpeilungen möglich sind nach Errichtung des Windparks

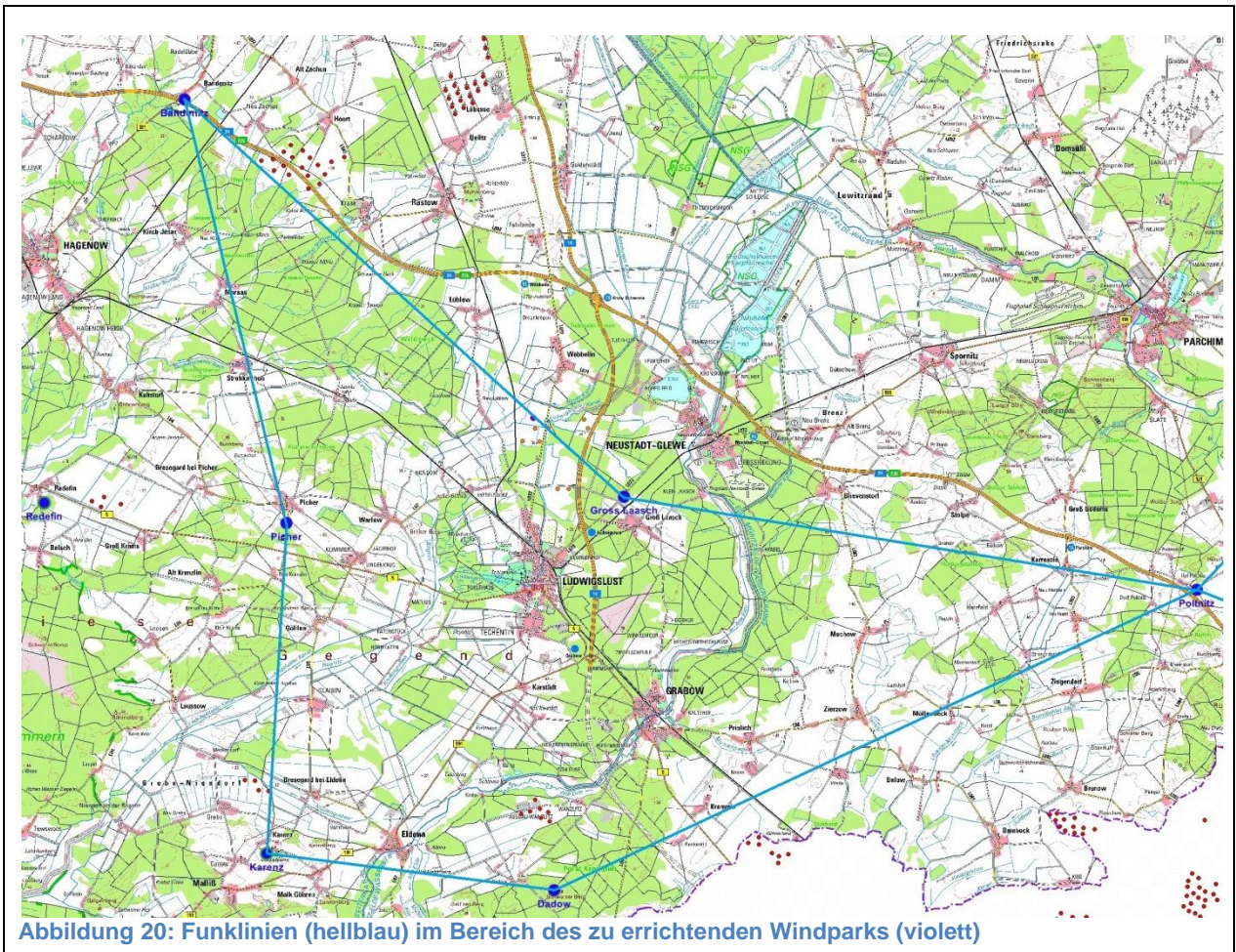
Im betroffenen Gebiet zwischen Neustadt-Glewe, Picher und Rastow können unter normalen Sichtbedingungen bis 20km Kreuzpeilungen durch die Sensoren Bandenitz, Redefin, Picher, Groß Laasch, Polnitz, Karenz und Dadow durchgeführt werden.

Bezogen auf bestehende WEA kommt zu Einschränkungen der Kreuzpeilungsfähigkeit auf etwa 20ha Waldfläche nördlich von Neustadt-Glewe, hervorgerufen durch vorab geplante WEA nördlich von Ludwigslust.

Durch die neu zu errichtende Anlage kommt es zu geringen zusätzlichen Einschränkungen der Fähigkeit Kreuzpeilungen auszuführen, indem etwa 5ha Wald nordwestlich von Neustadt-Glewe betroffen sind.

### 3.6 Beeinträchtigung von FireWatch-Funklinien

Im Bereich des zu errichtenden Windparks „Wöbbelin III WEA-5“ sind die Standorte Bandenitz, Picher, Groß Laasch, Polnitz, Karenz und Dadow per Richtfunk angebunden. Der Standort Karenz wird zusätzlich über Festnetz, Redefin ausschließlich über Festnetz versorgt.



Aus obiger Abbildung ist deutlich ersichtlich, dass die bestehende Richtfunklinie zwischen Groß Laasch und Bandenitz durch die Errichtung des Windparks „Wöbbelin III WEA-5“ möglicherweise beeinträchtigt wird, sodass eine genauere Betrachtung notwendig wird.

Es sind keine neuen Funklinien im Bereich der neu zu errichtenden WEA geplant.



Abbildung 21: Funklinie Bandenitz – Groß Laasch (hellblau) im funkkritischen Bereich des zu errichtenden Windparks (violett)

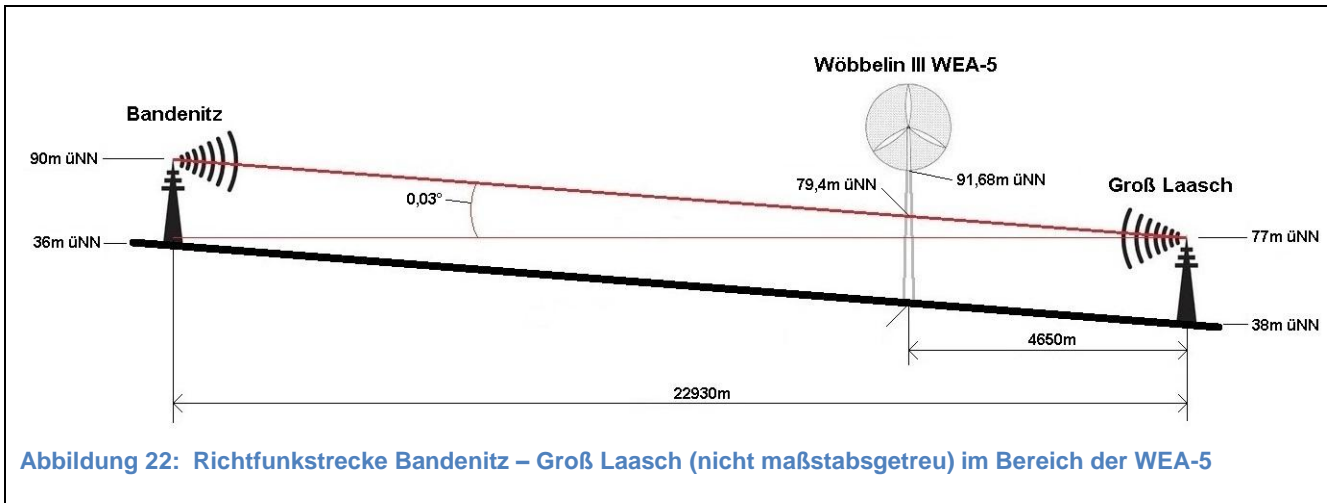
Es ist zu erkennen, dass die WEA-5 im kritischen Bereich liegt und daher gesondert betrachtet werden muss.

Ein digitales Funksignal breitet sich als elektromagnetische Welle im Raum aus, als sogenannte Raumwelle. Das Ausbreitungsgebiet dieser Raumwelle wird durch die sogenannten Fresnelzonen beschrieben. Aufgrund des Wellencharakters kann die Ausbreitung der elektromagnetischen Strahlung durch Hindernisse gestört werden, selbst wenn Sichtverbindung zwischen Sende- und Empfangsantenne besteht. Hierbei spielt die 1. Fresnelzone, ein gedachtes Rotationsellipsoid zwischen beiden Antennen, eine wichtige Rolle, da in dieser der Hauptteil der Energie übertragen wird. Befinden sich in dieser Zone Hindernisse jeglicher Art wie Häuser, Bäume oder WEA wird die Übertragung gedämpft und eine sichere Übertragung kann nicht mehr gewährleistet werden. Die Größe der Fresnelzone hängt von der Sendefrequenz ab und variiert entsprechend der Entfernung zu den beiden Antennen.

Die Richtfunkantennen sind 1m unterhalb des Sensors montiert und befinden sich somit am Standort Groß Laasch in einer Höhe von 77m üNN, am Standort Bandenitz in einer Höhe von 90m üNN. Der Abstand zwischen beiden Standorten beträgt 22.930m. Aufgrund der unterschiedlichen Höhe der Standorte breitet sich der Richtfunkstrahl aus Sicht des Standortes Groß Laasch in einem Winkel von ca. 0,03° vertikal aus (Formel 1).



Der Standort der WEA-5 befindet sich bezüglich der Richtfunkstrecke 4.650m vom Standort Groß Laasch entfernt. Hier hat das Zentrum des Richtfunkstrahls eine Lagebezugshöhe von 79,4m üNN (*Formel 2*). Die WEA befindet sich auf einer Höhe von 30m üNN, die Rotorunterkante liegt damit bei 91,68m üNN (Nabenhöhe 130,8m, Rotordurchmesser 138,25m).



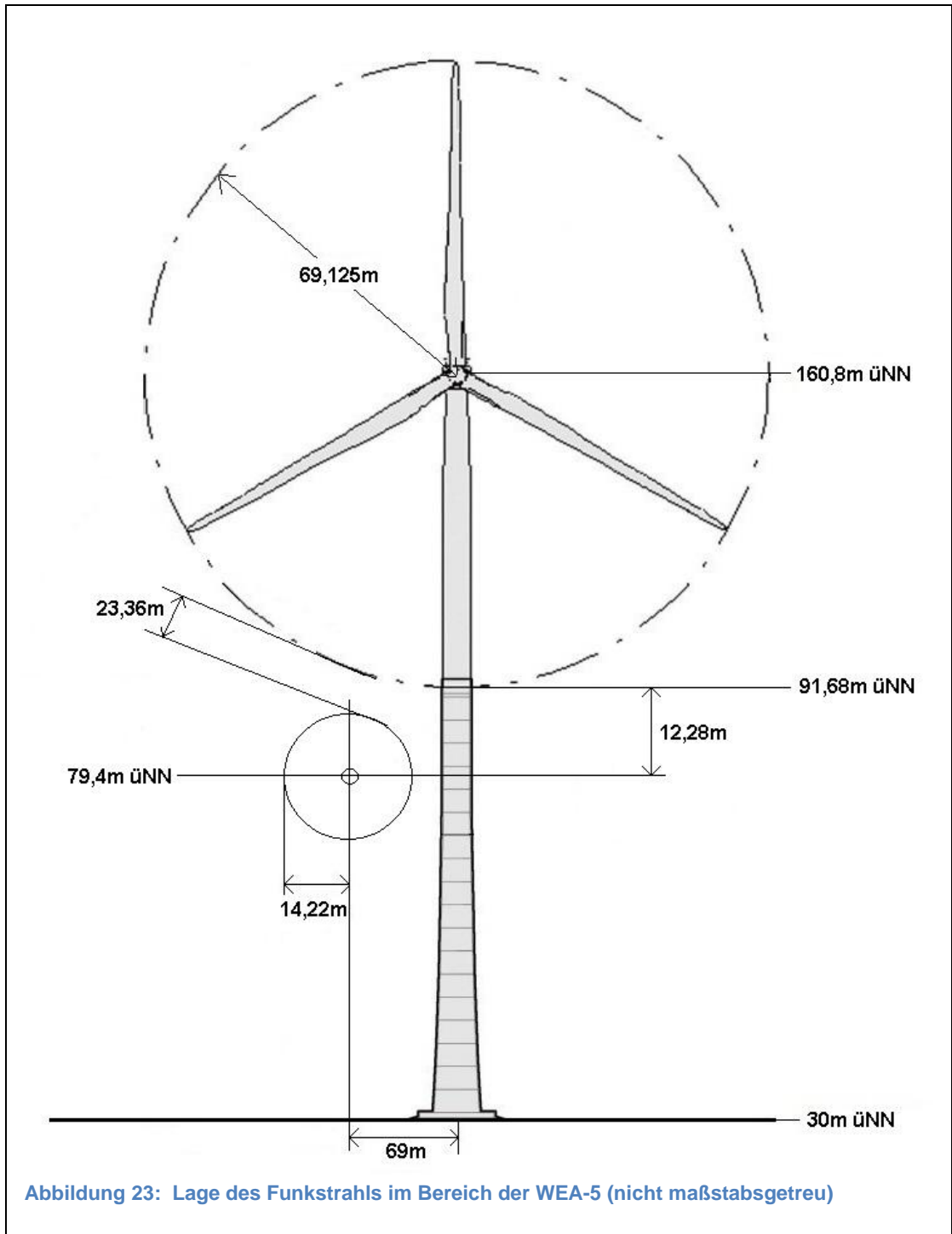
Damit bleibt ein Höhenabstand zum Zentrum des Richtfunksignals von ca. 12,28m. Dieser Sachverhalt ist nochmals in Abbildung 22 dargestellt.

Der Radius der 1. Fresnelzone des Funksignals beträgt am Ort der WEA-5 für die zur Anwendung kommende Funktechnik mit 5,5GHz Sendefrequenz 14,22m (*Formel 3*).

Es ergibt sich somit ein Abstand der Rotorkante zur Grenze der 1. Fresnelzone von 23,36m (*Formel 4*), das heißt der Rotor bewegt sich außerhalb der 1. Fresnelzone des Funksignals und stellt damit kein Hindernis dar.

Der Abstand des Mastmittelpunktes zum Zentrum des Funkstrahles ist mit 69m bereits deutlich außerhalb der 1. Fresnelzone. Berücksichtigt man den Mastdurchmesser von ca. 5m in 49m Höhe verringert sich der Abstand auf ca. 66,5m. Daher ist eine Störung des Funksignals durch den Mast der WEA ebenfalls ausgeschlossen.

Abbildung 23 zeigt eine skizzenhafte nicht maßstabsgetreue Darstellung des Funksignals am Ort der WEA.



## Zugrundeliegende Berechnungsformeln:

Vertikalwinkel des Richtfunkstrahls (1):

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}\right)$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{90\text{m} - 77\text{m}}{22.930}\right) = 0,03^\circ$$

Lagebezugshöhe des Richtfunkstrahls (2):

$$h = [\tan(\alpha) * \text{Ankathete}] + h_{\text{Hoppegarten}}$$

für WEA-5:

$$h = [\tan(0,03^\circ) * 4.650] + 77\text{m} = 79,4\text{m üNN}$$

Radius der 1. Fresnelzone am Ort der WEA (3):

$$r_{\text{Fresnel}} = \sqrt{\frac{c * d_1 * d_2}{f * d}}$$

mit c=Lichtgeschwindigkeit, f=Frequenz, d=Gesamtstrecke,  $d_1$  und  $d_2$ =Teilstücke der Gesamtstrecke

für WEA-5:

$$r_{\text{Fresnel}} = \sqrt{\frac{300.000\text{km/s} * 4.650\text{m} * 18.280\text{m}}{5,5\text{GHz} * 22,93\text{km}}} = 14,22\text{m}$$

minimaler Abstand Rotorkante zur 1. Fresnelzone (4):

$$d = \sqrt{d_1^2 + d_2^2} - r_{\text{Rotor}} - r_{\text{Fresnel}}$$

mit  $d_1$ =Differenz Lagebezugshöhe Richtfunkstrahl zu Rotornabe und  $d_2$ =Abstand Richtfunkstrahl zu Mastmitte

für WEA-5:

$$d = \sqrt{(81,4\text{m})^2 + (69\text{m})^2} - 69,125\text{m} - 14,22\text{m} = 23,36\text{m}$$

## 4. Gutachten

Die Errichtung des Windparks „Wöbbelin III WEA-5“ führt im Sichtbereich bis 20km zu keinen zusätzlichen Sichtfeldeinschränkungen auf Waldflächen, welche nicht jeweils von anderen Sensoren kompensiert werden können.

Die Fähigkeit Kreuzpeilungen auszuführen wird im Gebiet zwischen Neustadt-Glewe, Picher und Rastow im Sichtbereich bis 20km auf etwa 5ha Wald zusätzlich eingeschränkt.

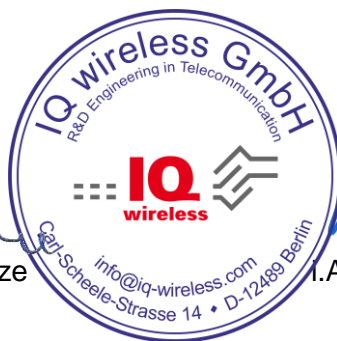
Durch die neu zu errichtenden WEA werden keine bestehenden oder geplanten Funklinien des Waldbrandfrüherkennungssystems beeinflusst.

In Abstimmung mit dem Landesforst Mecklenburg-Vorpommern, werden die Beeinflussungen des Windparks „Wöbbelin III WEA-5“ auf das Waldbrandfrüherkennungssystem FireWatch als tolerabel angesehen. Es sind keine Kompensationsmaßnahmen zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit des Waldbrandfrüherkennungssystems FireWatch erforderlich.

Berlin, den 21.08.2020



i.A. Dipl.-Ing. (FH) M. Schulze



i.A. Dipl.-Ing. H. Vogel

# Erdbaulabor Strube

Erdbaulabor Strube • Hählerweg 1 • 26209 Sandhatten

**NaturStromAnlagen GmbH**  
**Schulstr. 6a**

**01968 Senftenberg**

**Dipl.-Geol. K.-H. Strube**

**Hählerweg 1**

**26209 Sandhatten**

**Baugrunduntersuchungen und Gutachten**

Tel.: 04482-927297; Fax: 98

09.05.2022

Betr.: **BV Windpark Wöbbelin ,WEA 5**

## **Befund zu den Baugrunduntersuchungen vom 03.05.2022**

### **1. Vorgang**

Im Windpark Wöbbelin in der Gemeinde Wöbbelin ist die Errichtung einer fünften Windenergieanlage des Typs *Enercon E-138 EP 3* mit 131 m Nabenhöhe geplant. Von der *NaturStromAnlagen GmbH* wurden wir mit der Durchführung von Bodenuntersuchungen und der Erstellung eines Befundes beauftragt.

## 1.1 Örtliche Situation

Bei dem untersuchten Gelände handelt es sich um eine landwirtschaftliche Nutzfläche, die im Gründungsbereich der geplanten Anlage keine nennenswerten Höhenunterschiede aufweist.



## 2. Durchgeführte Untersuchungen

Am 02.05.2022 wurden im Gründungsbereich der geplanten Windenergieanlage (Anlagenmittelpunkt) eine Kleinrammbohrung bis 10 m unter Gelände und im Bereich der Kranstellfläche insgesamt fünf Kleinrammbohrungen (d 36 mm – 60 mm) bis 5 m unter Gelände abgeteuft. Desweiteren wurden von der *GTC Nord GmbH & CoKG* drei Spitzendrucksondierungen im Fundamentbereich sowie eine weitere im Bereich der Kranstellfläche bis in eine Tiefe von 20 m unter Gelände durchgeführt.

## 3. Baugrund

Nach der Geologischen Übersichtskarte Blatt Wittenberge CC 3134 sind fluviatile und glazifluviatile Ablagerungen (Sande) der Weichselkaltzeit zu erwarten, die von Geschiebelehmen und -mergeln unterlagert werden.

Nach DIN 4149 zählt der Standort zu keiner Erdbebenzone.

In allen sechs Bohrungen wurden unter einer ca. 0,4 m bis 0,7 m mächtigen Schicht aus humosem Oberboden bis zur Endteufe schwach schluffige Fein- und Mittelsande angetroffen. Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen werden die Sande erst ab ca. 18 m unter Gelände von Geschiebelehmen bzw. -mergeln unterlagert.

Die Sande weisen bis ca. 8 m unter Gelände mit Spitzendrücken zwischen ca. 1 MN/m<sup>2</sup> und 5 MN/m<sup>2</sup> nur eine sehr lockere bis lockere Lagerung auf. Bis ca. 15 m folgen mit mittleren Spitzendrücken zwischen 5 MN/m<sup>2</sup> und 12 MN/m<sup>2</sup> überwiegend mitteldicht gelagerte Sande. Zwischen 15 m und 18 m weisen die Sande mit Spitzendrücken zwischen 20 MN/m<sup>2</sup> bis 40 MN/m<sup>2</sup> eine dichte bis sehr dichte Lagerung auf.

### 3.1. Grundwasser

Wasser wurde am Anlagenstandort im offenen Bohrloch in einer Tiefe von 1 m Gelände gemessen. (Mai)

### 3.2. Bodenklassifikation und bodenmechanische Kennwerte

Da an den Bodenproben keine weiteren Laborversuche durchgeführt wurden, sind die folgenden Bodenkenngrößen (Rechenwerte) den EAU bzw. der DIN 1055 entnommen worden.

Bodenart	$\gamma_{cal}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_{cal}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi_{cal}$ °	$c_{cal}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$c_{ucal}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$E_{Scal}$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_{dyncal}$ (MN/m <sup>2</sup> )	$\nu$
Sand, lo	19,5	9,5	30,0	-	-	15 - 40	80 - 200	0,35
Sand, md	19,5	9,5	32,5	-	-	40 - 100	200 - 500	0,35
Lehm,w	19,0	9,0	27,5-30,0	-	5-60	4 - 8	50 - 100	0,4
Lehm,st	20,0	10,0	27,5-30,0	2-5	20 -120	8 - 12	80 - 160	0,4

## 4. Gründung

Nach dem vorliegendem Fundamentdatenblatt (für die herausgezogene Flachgründung mit Auftrieb) für die geplante Anlage vom Typ E 138 EP3-E2-HST-131-FB-C-01 ist vorgesehen, die Windenergieanlage über einen ca. 0,65 m hohen Sockel mit einem Durchmesser von 8,6 m auf einer kreisförmigen Fundamentplatte mit einer Höhe von 0,7 m bis 2 m und einem Außendurchmesser von 21,9 m zu gründen.

Das Fundament soll ebenerdig auf einer ca. 0,1 m starken Sauberkeitsschicht gegründet werden, so dass die Fundamentoberkante 2,8 m über GOK liegt.

Es ist bis ca. 0,15 m unter Sockeloberkante mit Boden ( $\gamma_{tro} > 16 \text{ kN/m}^3$ ) zu überschütten.

Der Baugrund muss eine Bodenpressung von min.  $230 \text{ kN/m}^2$  aufnehmen können.

Die max. zulässige Schiefstellung wird mit  $3 \text{ mm/m}$  angegeben.

Die erforderliche Drehfedersteifigkeit darf  $k_{\phi, \text{dyn}} = 100000 \text{ MNm/rad}$  bzw.  $k_{\phi, \text{stat}} = 12500 \text{ MNm/rad}$  nicht unterschreiten.

Grundwasser darf bis max. UK Fundament anstehen.

Die Mindestdrehfedersteifigkeiten wurden mit  $k_{\phi} = E_{\text{sdyn}} \times 4/3 \times r^3 \times (1 - \nu - 2\nu^2)/((1+\nu) \times (1 - \nu)^2)$  schichtweise für einen Radius von 10,95 m ermittelt.

Die Grundbruchsicherheit und Setzungen, bzw. die zulässige Schiefstellung wurden mit dem Programm GGU-Footing/Version 8.11 berechnet.

Für die Berechnungen wurden jeweils die ungünstigsten Werte der Drucksondierungen zugrunde gelegt.

Die erforderlichen Mindestdrehfedersteifigkeiten und die max. zulässige Schiefstellung ( $d_s < 3 \text{ mm/m}$  im Betriebslastfall) werden von den anstehenden Sanden z.T. nur knapp eingehalten.

(s. Diagramme im Anhang)

Die Sande weisen im Tiefenbereich zwischen ca. 2 m und 7 m nur eine sehr locker bis locker Lagerung auf (tw. geht der Spitzendruck bis auf  $1 \text{ MN/m}^2$  zurück). Diese Bereiche sind entsprechend nachzuverdichten. (Rütteldruck- / Rüttelstopfverfahren)

#### 4.1. Empfehlungen für die Gründung

Der humose Oberboden ist vollständig abzutragen und durch einen geeigneten Füllsand/Schotter zu ersetzen. Der Sand/Schotter ist lagenweise einzubauen und dabei auf min 98% der einf. Proctordichte zu verdichten.

Die sehr lockeren Sandbereiche bis ca. 7 m sind nachzuverdichten. (s.o.).

Die erforderlichen Erdaufschüttungen sind Bestandteil der Anlagen und in den Berechnungen mit angesetzt, sie sind deshalb sorgfältig auszuführen und es muss gewährleistet sein, dass sie auf Dauer erhalten bleiben. Erfahrungsgemäß werden die geforderten Dichten von  $16 \text{ kN/m}^3$  (im trockenen Zustand) nicht immer erreicht; die Mindesthöhen der Überschüttungen sollten



deshalb unbedingt eingehalten werden und das Material ist lagenweise einzubauen und auf min. 98% der einf. Proctordichte zu verdichten. Die Abschrägung der Anfüllung darf erst in einem Abstand von min 1,5 m von der Fundamentaßenkante erfolgen.

#### 4.2 Kranstellflächen

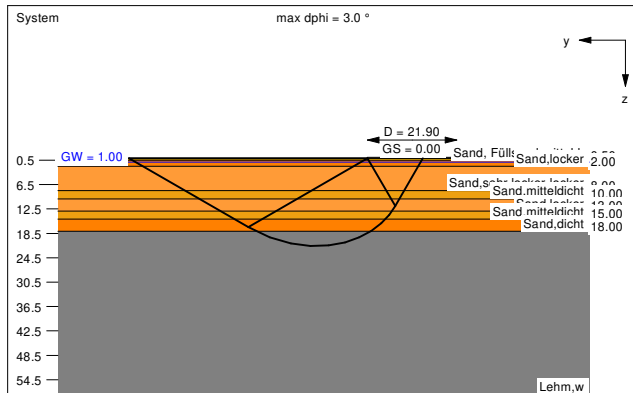
Im Bereich der Kranstellfläche wurden in allen fünf Bohrungen unter einer ca. 0,4 m bis 0,7 m mächtigen Schicht aus humosem Oberboden bereits tragfähige Sande angetroffen.

Nach Austausch des humosen Oberbodens gegen ein entsprechendes Sand, bzw. Schotterpolster dürften die auf der Tragschicht geforderten  $E_{v2}$ -Werte  $> 120 \text{ MN/m}^2$  problemlos zu erreichen sein.

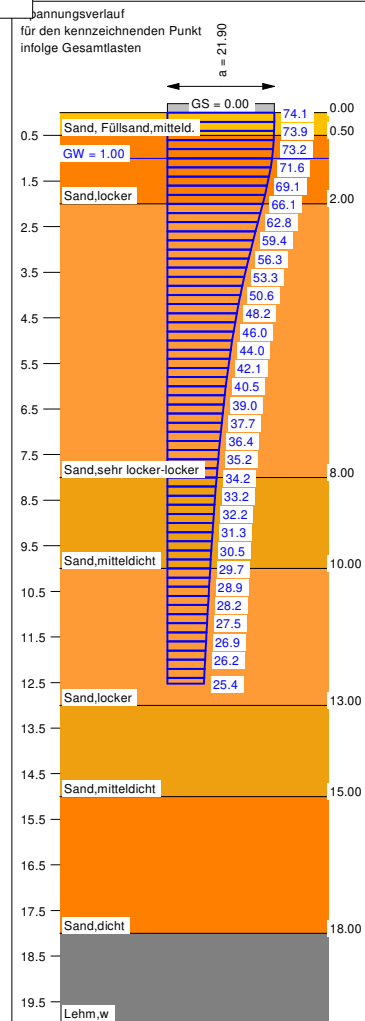
Erdbaulabor Strube

Strube

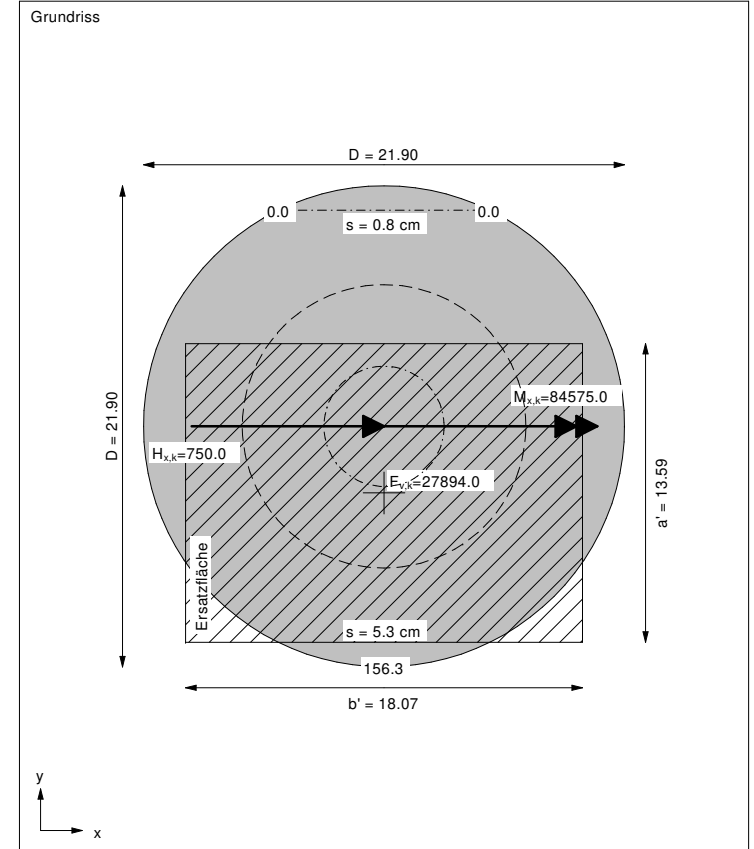
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	18.5	9.5	32.5	0.0	40.0	Sand, Füllsand, mitteld.
	18.5	8.5	32.5	0.0	20.0	Sand, locker
	19.5	9.5	30.0	0.0	15.0	Sand, sehr locker-locker
	19.5	9.5	32.5	0.0	40.0	Sand, mitteldicht
	19.5	9.5	30.0	0.0	20.0	Sand, locker
	19.5	9.5	32.5	0.0	40.0	Sand, mitteldicht
	19.5	9.5	32.5	0.0	50.0	Sand, dicht
	19.5	9.5	27.5	0.0	5.0	Lehm, w



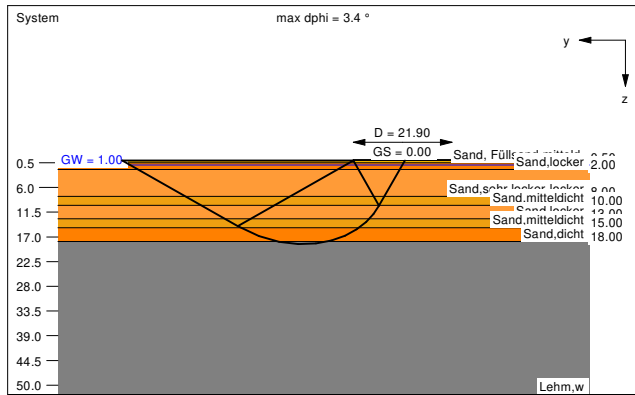
**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 27894.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 750.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 84575.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser  $D = 21.900$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 2.737 m)  
 $a' = 19.408$  m  
 $b' = 19.408$  m  
 Unter Gesamlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -3.032$  m  
 Resultierende im 2. Kern (= 6.450 m)  
 $a' = 13.595$  m  
 $b' = 18.066$  m  
 Grundbruch:  
 Durchstanzen untersucht, aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.20$   
 $\sigma_{01,k} / \sigma_{01,d} = 1010.4 / 842.00$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 248152.67$  kN  
 $R_{n,d} = 206793.89$  kN  
 $V_d = 1.10 \cdot 27894.00 + 1.10 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 30683.40$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.148  
 cal  $\phi = 30.1^\circ$   
 cal c = 0.00 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 10.08$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_0 = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 21.60 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 87.78 m  
 Fläche log. Spirale = 988.29 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):  
 $N_{d0} = 30.33$ ;  $N_{d0} = 18.57$ ;  $N_{b0} = 10.18$   
 Formbeiwerte (y):  
 $v_c = 1.399$ ;  $v_d = 1.377$ ;  $v_b = 0.774$   
 Neigungsbeiwerte (y):  
 $i_c = 0.960$ ;  $i_d = 0.962$ ;  $i_b = 0.936$   
 Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 12.53$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 3.07 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 0.82 cm  
 unten = 5.32 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 411.4  
 Drehfedersteifigkeit:  
 $K_{\phi,x} = 34795.0$  MN·m/rad  
 Nachweis EQU:  
 $M_{stb} = 27894.0 \cdot 21.90 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 290167.3$   
 $M_{dst} = 84575.0 \cdot 1.00 = 84575.0$   
 $\mu_{EQU} = 84575.0 / 290167.3 = 0.291$



**Berechnungsgrundlagen:**  
 WEA 2, WP Wöbbelin LF DLC D 3  
 Norm: EC 7  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.20$   
 $\gamma_G = 1.10$   
 $\gamma_Q = 1.10$   
 Grenzzustand EQU:  
 $\gamma_{G,dst} = 1.00$   
 $\gamma_{G,stb} = 0.95$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$   
 Gründungssohle = 0.00 m  
 Grundwasser = 1.00 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0$  %  
 - - - - - 1. Kernweite  
 - - - - - 2. Kernweite



Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	18.5	9.5	32.5	0.0	40.0	Sand, Füllsand, mitteld.
	18.5	8.5	32.5	0.0	20.0	Sand, locker
	19.5	9.5	30.0	0.0	15.0	Sand, sehr locker-locker
	19.5	9.5	32.5	0.0	40.0	Sand, mitteldicht
	19.5	9.5	30.0	0.0	20.0	Sand, locker
	19.5	9.5	32.5	0.0	40.0	Sand, mitteldicht
	19.5	9.5	32.5	0.0	50.0	Sand, dicht
	19.5	9.5	27.5	0.0	5.0	Lehm, w



**Ergebnisse Einzelfundament:**

Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 27894.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,k} = 0.00 / 980.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 118296.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser  $D = 21.900$  m

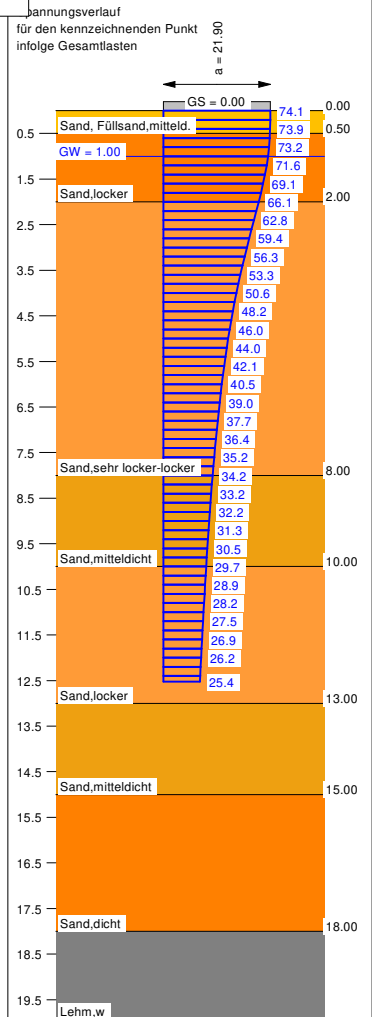
**Unter ständigen Lasten:**  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 2.737 m)  
 $a' = 19.408$  m  
 $b' = 19.408$  m

**Unter Gesamtlasten:**  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -4.241$  m  
 Resultierende im 2. Kern (= 6.450 m)  
 $a' = 11.404$  m  
 $b' = 17.160$  m

**Grundbruch:**  
 Durchstanzen untersucht, aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.20$   
 $\sigma_{01,k} / \sigma_{01,d} = 982.5 / 818.72$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 192255.69$  kN  
 $R_{n,d} = 160213.08$  kN  
 $V_d = 1.10 \cdot 27894.00 + 1.10 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 30683.40$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.192  
 cal  $\phi = 30.9^\circ$   
 cal c = 0.00 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 10.17$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_0 = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>

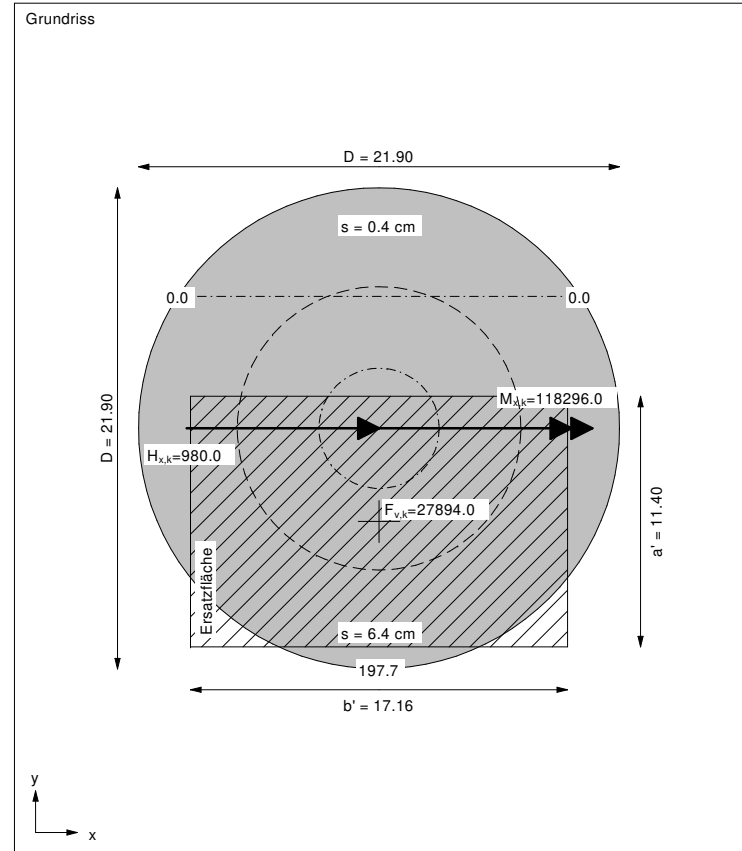
**UK log. Spirale = 18.61 m u. GOK**  
 Länge log. Spirale = 76.17 m  
 Fläche log. Spirale = 740.34 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):  
 $N_{d0} = 32.30$ ;  $N_{d0} = 20.30$ ;  $N_{b0} = 11.53$   
 Formbeiwerte (y):  
 $v_c = 1.359$ ;  $v_d = 1.341$ ;  $v_b = 0.801$   
 Neigungsbeiwerte (y):  
 $i_c = 0.949$ ;  $i_d = 0.951$ ;  $i_b = 0.918$

**Setzung infolge Gesamtlasten:**  
 Grenztiefe  $t_g = 12.53$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 3.40 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 0.40 cm  
 unten = 6.41 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 307.7  
 Drehfedersteifigkeit:  
 $K_{\phi,x} = 36405.6$  MN·m/rad  
 Nachweis EQU:  
 $M_{stb} = 27894.0 \cdot 21.90 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 290167.3$   
 $M_{dst} = 118296.0 \cdot 1.00 = 118296.0$   
 $\mu_{EQU} = 118296.0 / 290167.3 = 0.408$



**Berechnungsgrundlagen:**  
 WEA 5, WP Wöbbelin LF DLC 8.2  
 Norm: EC 7  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.20$   
 $\gamma_G = 1.10$   
 $\gamma_Q = 1.10$   
 Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.00$   
 $\gamma_{G,stb} = 0.95$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$   
 Gründungssohle = 0.00 m  
 Grundwasser = 1.00 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0$  %  
 - - - - - 1. Kernweite  
 - - - - - 2. Kernweite



## Drehfedersteifigkeit

## WEA 5, WP Wöbbelin

Typ: E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01

Fundamentradius [m]: 10,95

Schicht UK v. GOK	Bodenart	Reibungs- winkel $\varphi$	Schichtdicke	$E_{s \text{ stat}}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$E_{s \text{ dyn}}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Querdehnzahl $\nu$	Radius der Lastfläche [m]	Sollwerte	
								12500 $K_{\varphi \text{ stat}}$ [MN/rad]	100000 $K_{\varphi \text{ dyn}}$ [MN/rad]
0,0	UK Fund.						10,95		
0,6	Füllsand	32,5	0,60	40	120	0,35	11,33	49721	149162
2,0	Sand, lo-md	32,5	1,40	30	100	0,35	12,22	41333	137778
8,0	Sand ,s lo-lo	30	6,00	15	60	0,35	15,69	25941	103762
10,0	Sand,md	32,5	2,00	40	120	0,42	16,96	97946	293837
13,0	Sand,lo	30	3,00	20	80	0,35	18,69	92411	369644
15,0	Sand,md	32,5	2,00	40	120	0,35	19,97	247417	742252

## Kopfblatt nach DIN 4022 zum Schichtenverzeichnis für Bohrungen

Baugrundbohrung

Objekt: WEA 5, WP Wöbbelin

Anzahl der Seiten des Schichtenverzeichnisses: 1

Bohrung Nr.: BK1      Zweck: Baugrunderkundung

Ort:

Lotrecht

Höhe des Ansatzpunktes: 0,00m zu NN

Bohrunternehmen: Erdbaulabor Strube

gebohrt von: 02.05.22 bis: 02.05.22

Angaben über Grundwasser, Verfüllung und Ausbau:

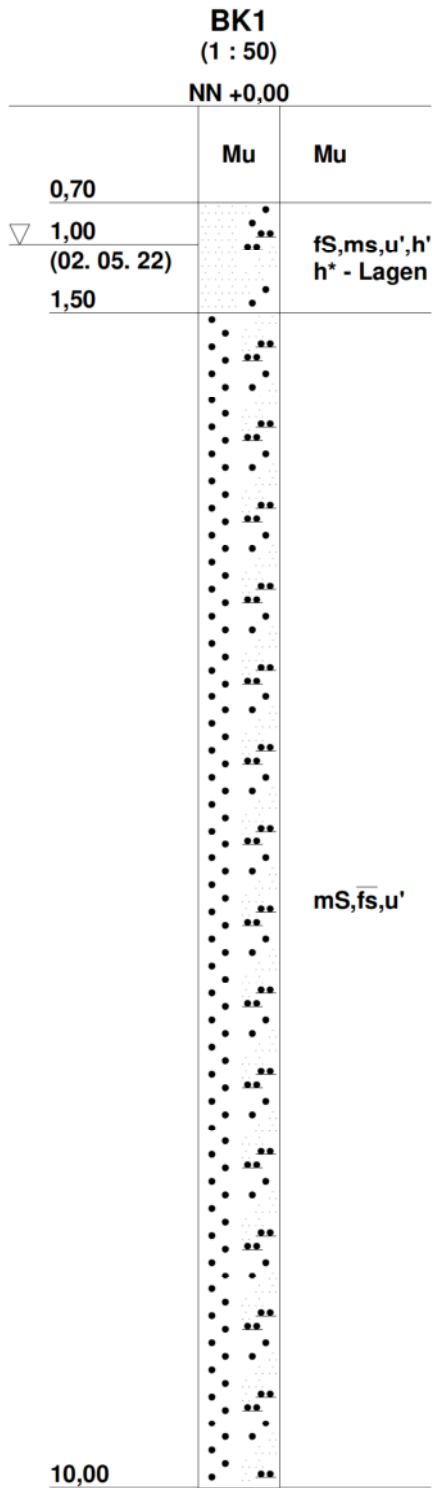
Wasser erstmals angetroffen bei 1,00 m, gleichbleibend

Datum: 02.05.22

Firmenstempel:

Unterschrift:

		<b>Schichtenverzeichnis</b>				Anlage Bericht:		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben						
Bauvorhaben: WEA 5, WP Wöbbelin								
Bohrung Nr.: BK1 / Blatt: 1						Datum: 02.05.22 laufende Seite: 2		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	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				
0,70	a) Mutterboden				Wasser bei 1 m unter Gelände			
	b)							
	c)	d)	e) dbn					
	f) humoser Oberboden	g)	h)	i)				
1,50	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig, schwach humos							
	b) h* - Lagen							
	c)	d)	e) gegr,dbn,hgr					
	f) Sand,z.T. humos	g)	h)	i)				
10,00	a) Mittelsand, stark feinsandig, schwach schluffig							
	b)							
	c)	d)	e) hgr					
	f) Sand	g)	h)	i)				



		<b>Schichtenverzeichnis</b>				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
Bauvorhaben: Kranstell- u. Lagerfläche WEA 5, WP Wöbbelin								
Bohrung Nr.: KRB2 / Blatt: 1						Datum: 02.05.22		
						laufende Seite: 3		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	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				
0,70	a) Mutterboden				Wasser bei 1,1 m unter Gelände			
	b)							
	c)	d)	e) dbn					
	f) humoser Oberboden	g)	h)	i)				
2,00	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig							
	b)							
	c)	d)	e) gepr,hgr					
	f) Sand	g)	h)	i)				
5,00	a) Mittelsand, stark feinsandig, schwach schluffig							
	b)							
	c)	d)	e) hgr					
	f) Sand	g)	h)	i)				

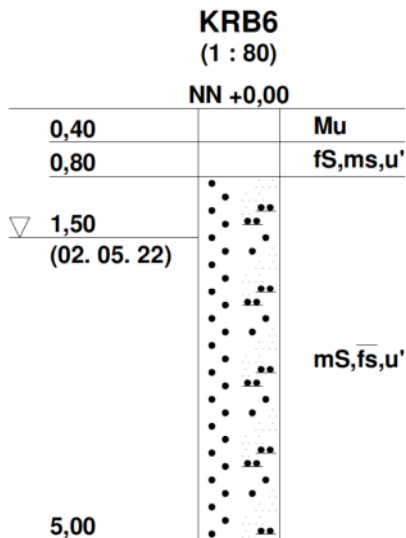
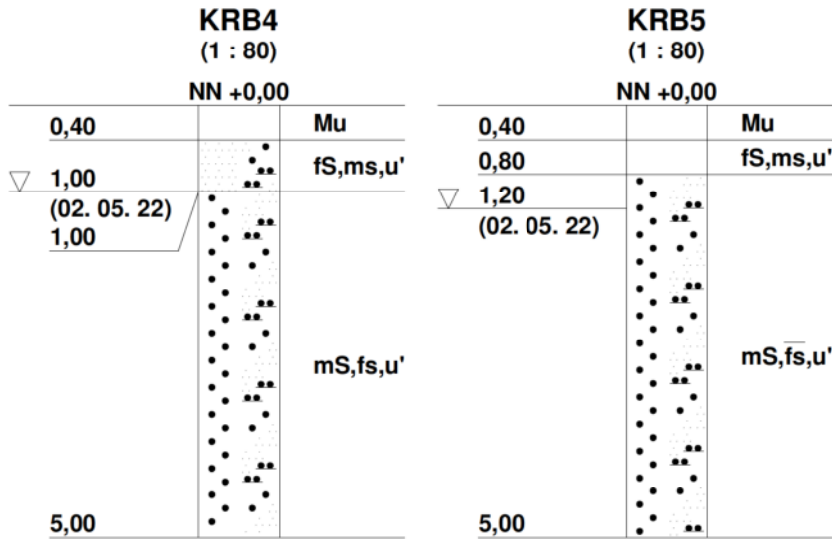
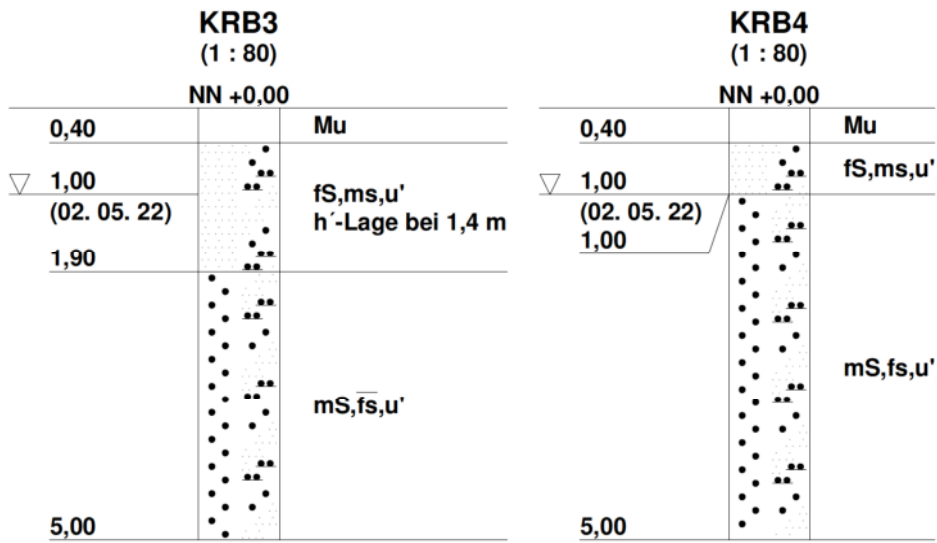


		<b>Schichtenverzeichnis</b>				Anlage	
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:	
Bauvorhaben: Kranstell- u. Lagerfläche WEA 5, WP Wöbbelin							
Bohrung Nr.: KRB3 / Blatt: 1						Datum: 02.05.22	
						laufende Seite: 4	
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	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) Mutterboden			Wasser bei 1 m unter Gelände			
	b)						
	c)	d)	e) dbn				
	f) humoser Oberboden	g)	h) i)				
1,90	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig						
	b) h´-Lage bei 1,4 m						
	c)	d)	e) gegr,hgr				
	f) Sand	g)	h) i)				
5,00	a) Mittelsand, stark feinsandig, schwach schluffig						
	b)						
	c)	d)	e) hgr				
	f) Sand	g)	h) i)				

Schichtenverzeichnis					Anlage		
für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben					Bericht:		
Bauvorhaben: Kranstell- u. Lagerfläche WEA 5, WP Wöbbelin							
Bohrung Nr.: KRB4 / Blatt: 1					Datum: 02.05.22		
					laufende Seite: 5		
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	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) Mutterboden			Wasser bei 1 m unter Gelände			
	b)						
	c)	d)	e) dbn				
	f) humoser Oberboden	g)	h) i)				
1,00	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig						
	b)						
	c)	d)	e) gegr				
	f) Sand	g)	h) i)				
5,00	a) Mittelsand, feinsandig, schwach schluffig						
	b)						
	c)	d)	e) hgr				
	f) Sand	g)	h) i)				

		<b>Schichtenverzeichnis</b>				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
Bauvorhaben: Kranstell- u. Lagerfläche WEA 5, WP Wöbbelin								
Bohrung Nr.: KRB5 / Blatt: 1						Datum: 02.05.22		
						laufende Seite: 6		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	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) Mutterboden				Wasser bei 1,2 m unter Gelände			
	b)							
	c)	d)	e) dbn					
	f) humoser Oberboden	g)	h)	i)				
0,80	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig							
	b)							
	c)	d)	e) gegr					
	f) Sand	g)	h)	i)				
5,00	a) Mittelsand, stark feinsandig, schwach schluffig							
	b)							
	c)	d)	e) hgr,gegr					
	f) Sand	g)	h)	i)				

		<b>Schichtenverzeichnis</b>				Anlage	
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:	
Bauvorhaben: Kranstell- u. Lagerfläche WEA 5, WP Wöbbelin							
Bohrung Nr.: KRB6 / Blatt: 1						Datum: 02.05.22	
						laufende Seite: 7	
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	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) Mutterboden			Wasser bei 1,5 m unter Gelände			
	b)						
	c)	d)	e) dbn				
	f) humoser Oberboden	g)	h) i)				
0,80	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig						
	b)						
	c)	d)	e) gegr				
	f) Sand	g)	h) i)				
5,00	a) Mittelsand, stark feinsandig, schwach schluffig						
	b)						
	c)	d)	e) hgr,gegr				
	f) Sand	g)	h) i)				



## Legende der benutzten Kurzzeichen

### Bodenart: (DIN 4023)

Mu = Mutterboden    fS = Feinsand    mS = Mittelsand

### Bodenart - schwache Nebenanteile: (DIN 4023)

u' = schwach schluffig    h' = schwach humos

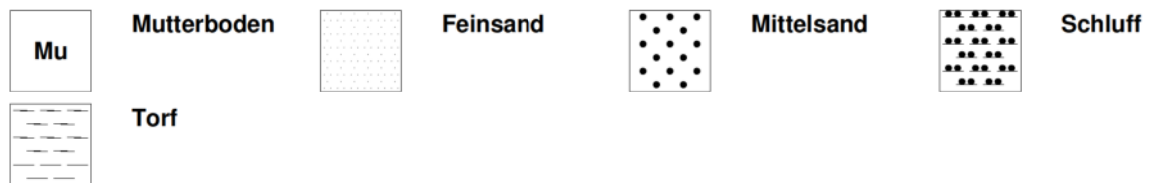
### Bodenart - starke Nebenanteile: (DIN 4023)

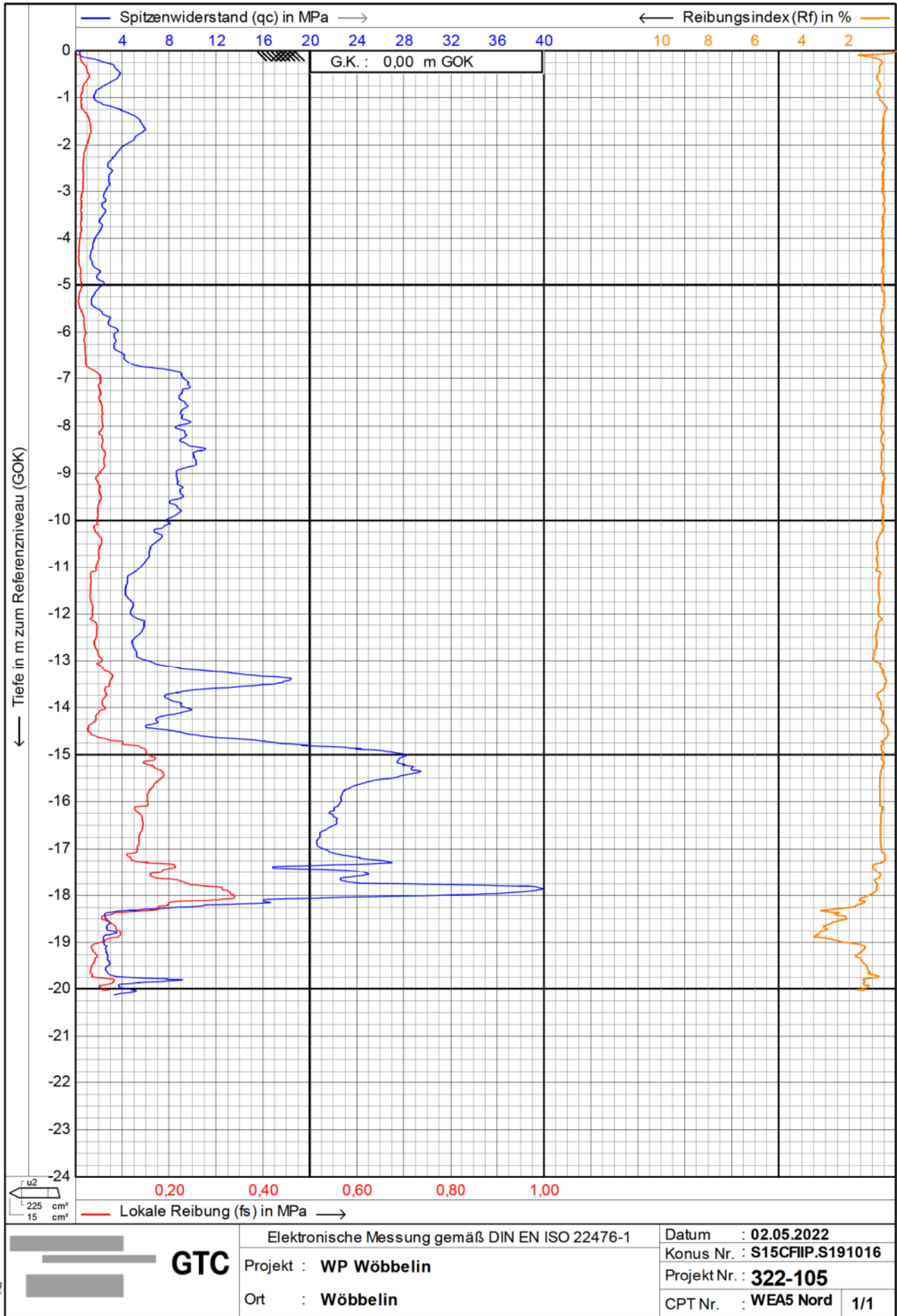
$\overline{\text{fs}}$  = stark feinsandig

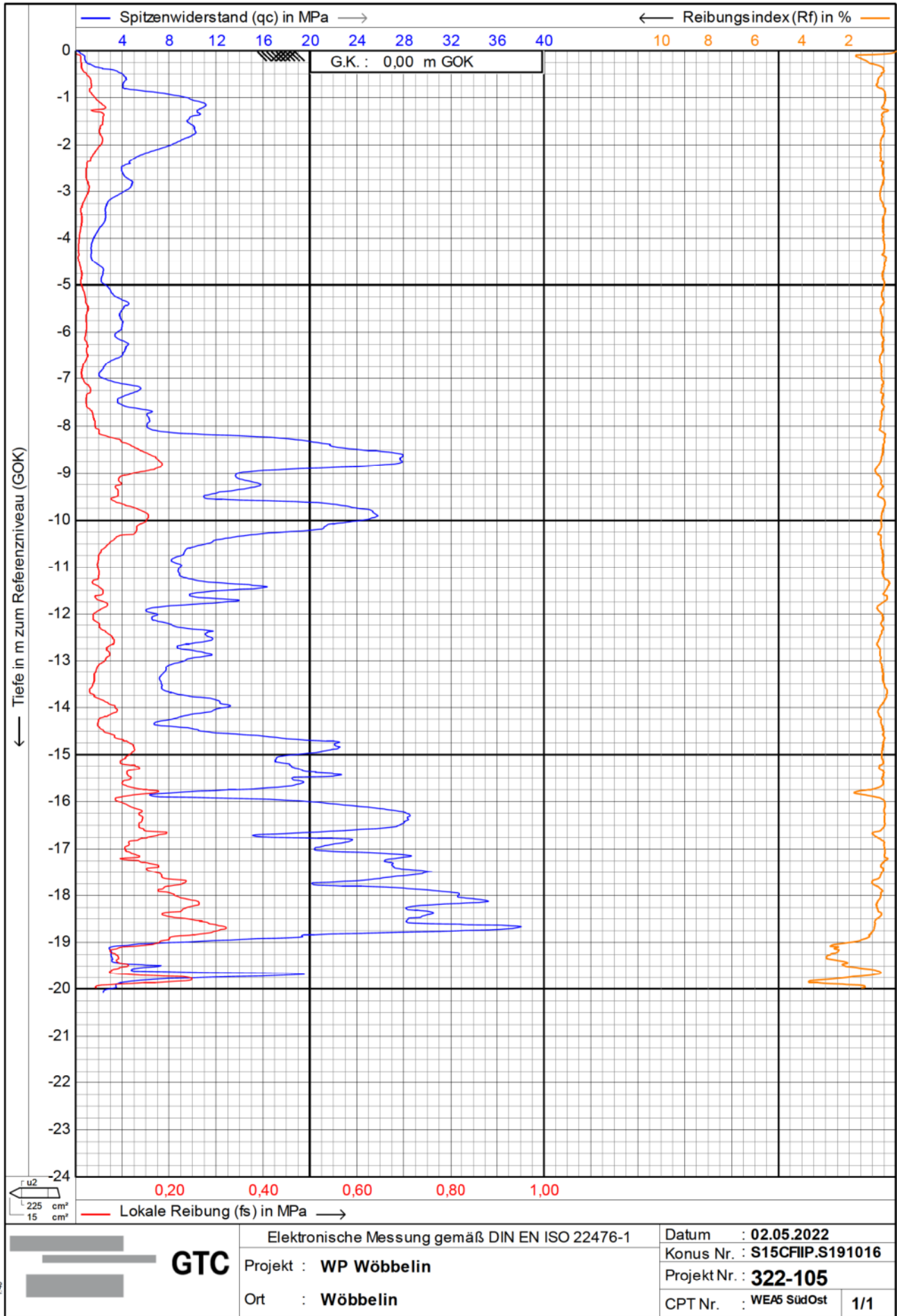
### Bodenart - Nebenanteile: (DIN 4023)

ms = mittelsandig    fs = feinsandig

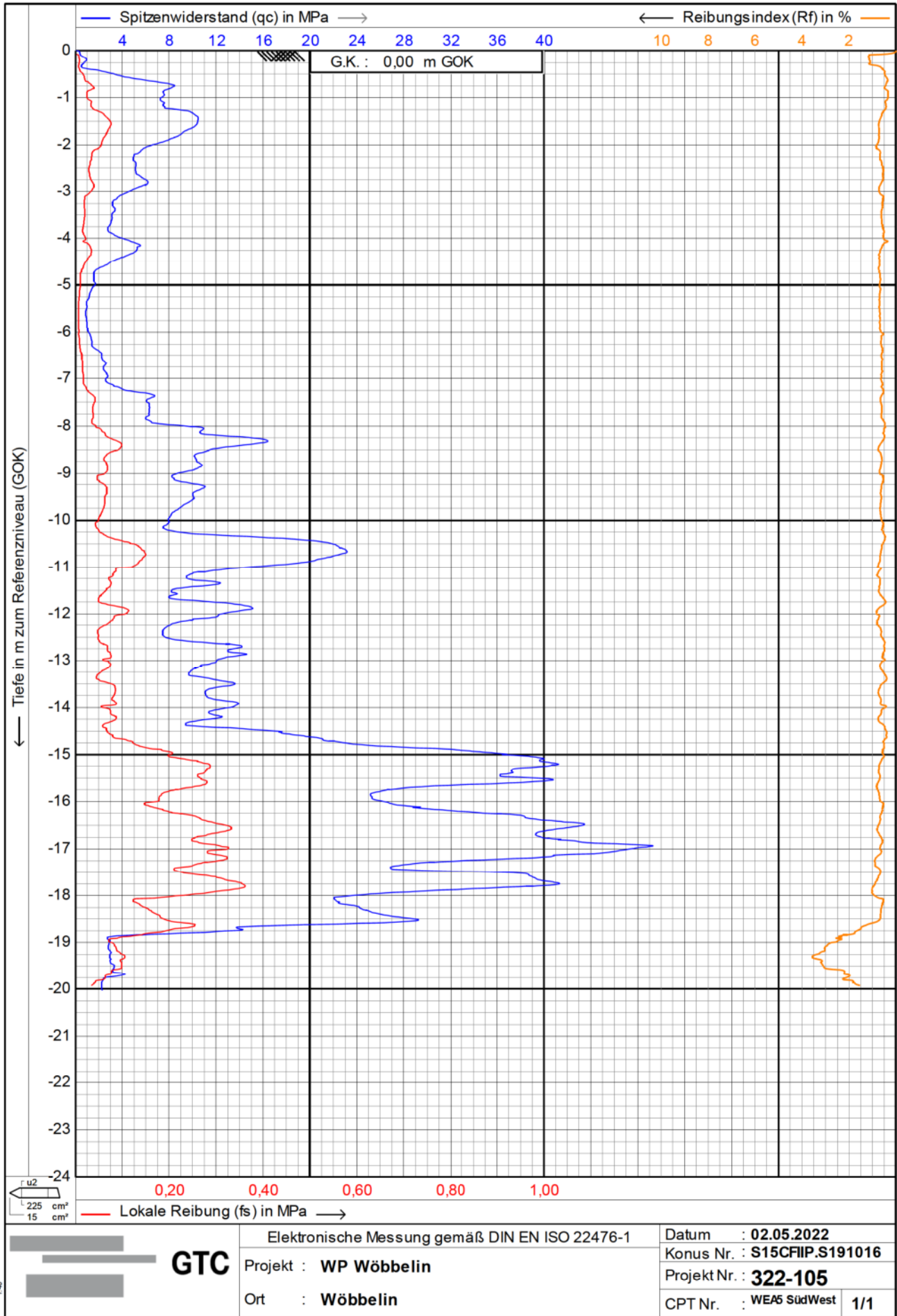
## Legende der benutzten Schraffuren







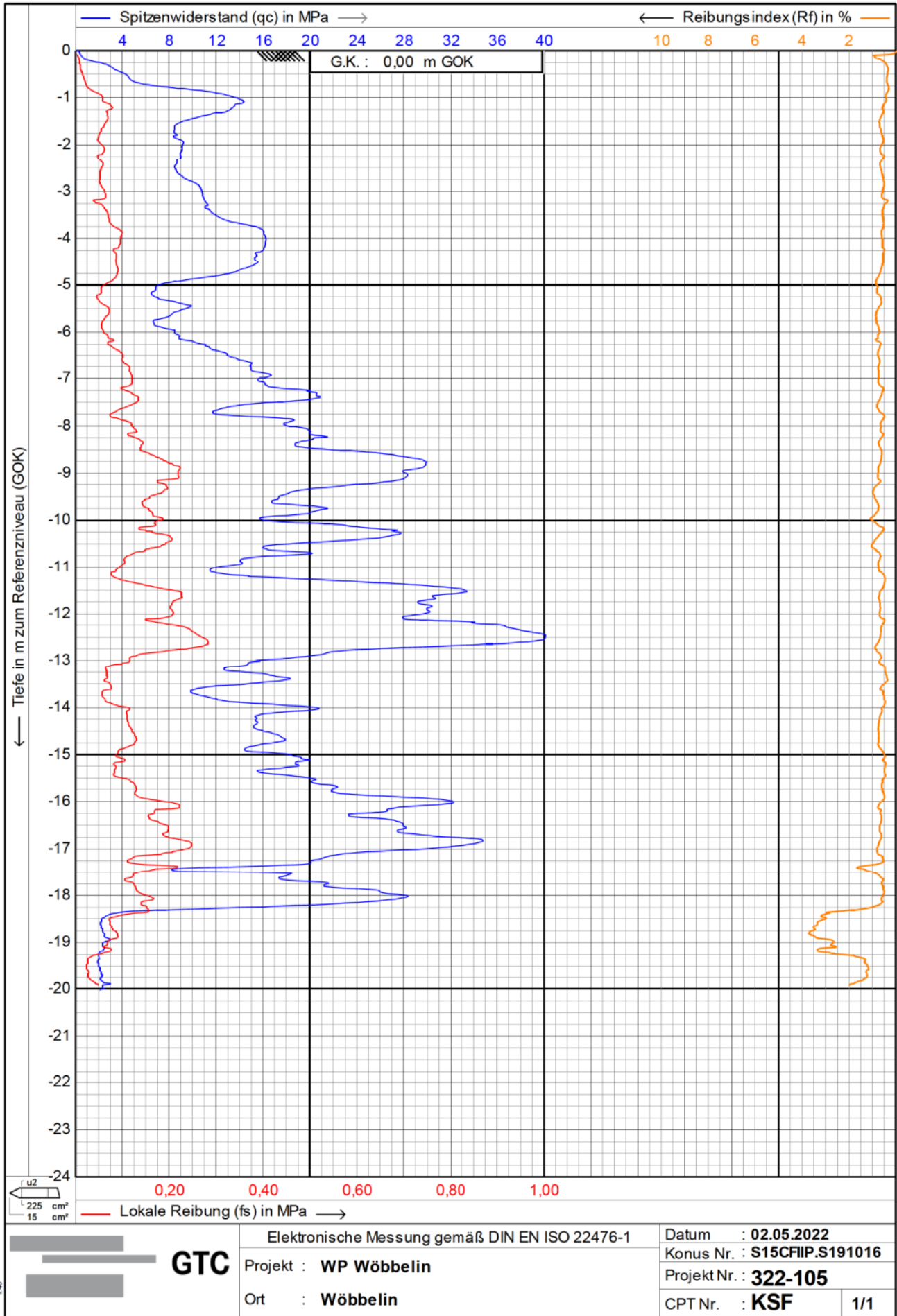


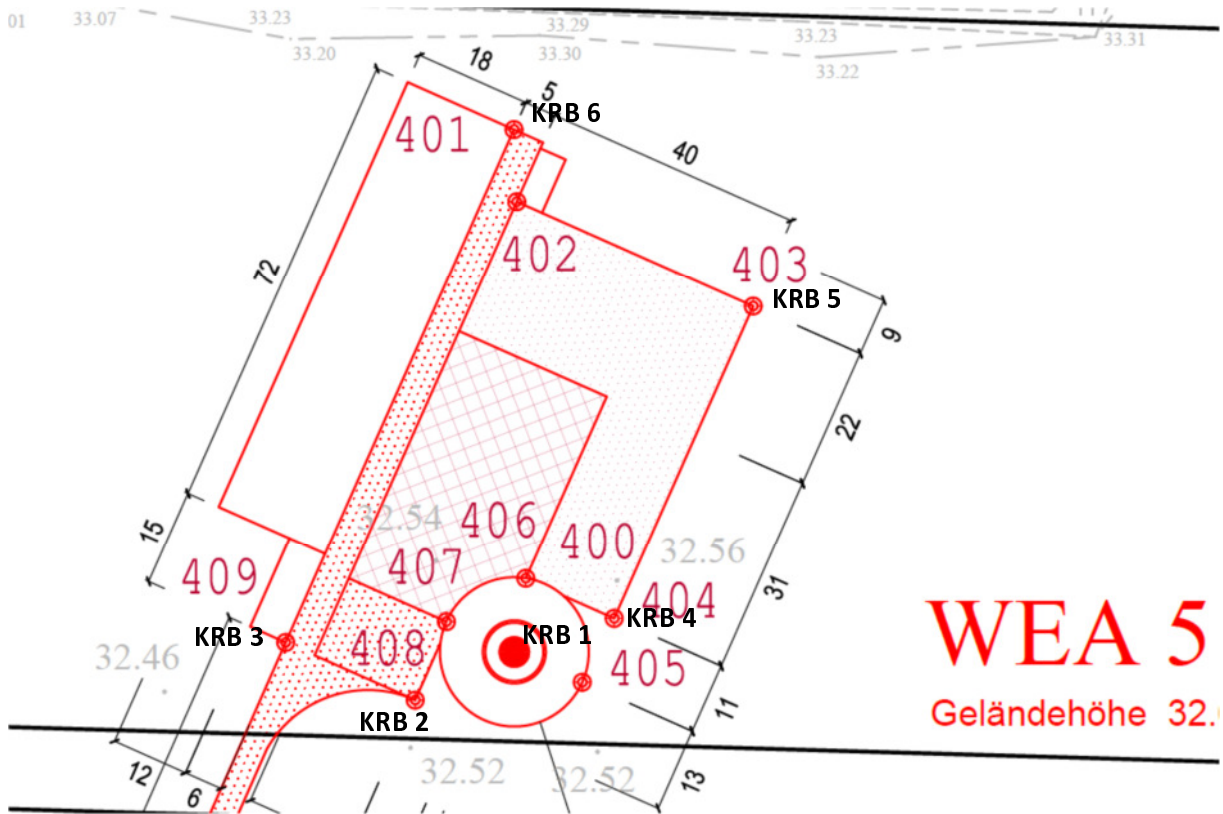


**GTC**

Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1  
 Projekt : **WP Wöbbelin**  
 Ort : **Wöbbelin**

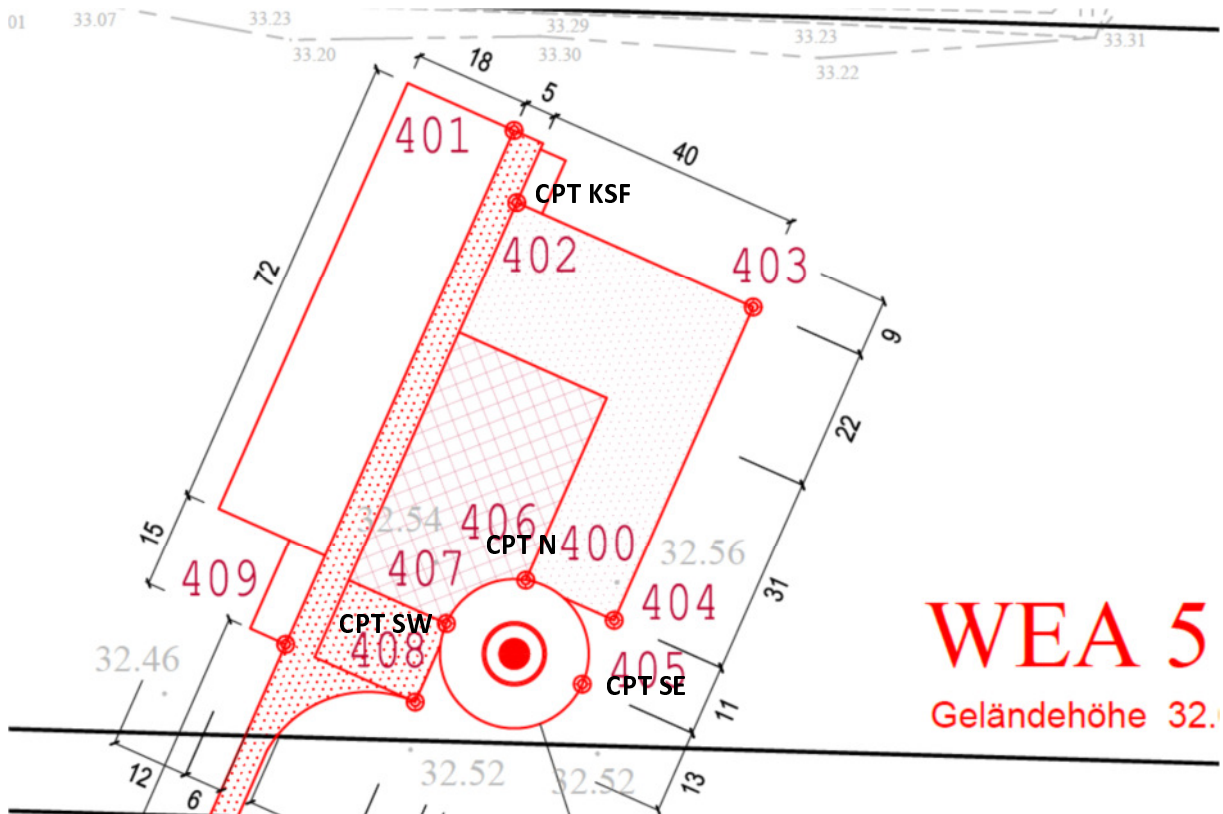
Datum : **02.05.2022**  
 Konus Nr. : **S15CFIP.S191016**  
 Projekt Nr. : **322-105**  
 CPT Nr. : **WEA5 SüdWest** 1/1





**WEA 5, WP Wöbbelin**

**Lage der Bohrungen und Drucksondierungen vom 02.05.2022**



**Bodenschutzkonzept  
„Windpark Wöbbelin“**



Kontakt

NaturStromVersorgung Wöbbelin GmbH & Co KG  
Am Sportplatz 3  
19288 Wöbbelin  
[max.wackwitz@naturstrom.de](mailto:max.wackwitz@naturstrom.de)

## Inhaltsverzeichnis

1. Bauflächenfreimachung bzw. Bodenabtrag.....	3
2. Umfang des Bodenaushubs .....	3
3. Zwischenlagerung von Bodenaushub .....	3
4. Wiedereinbau von Bodenaushub .....	4

## 1. Bauflächenfreimachung bzw. Bodenabtrag

Gemäß § 202 BauGB ist Mutterboden, der bei der Errichtung baulicher Anlagen ausgehoben wird, in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen. Entsprechend wird der Oberboden auf den beanspruchten Flächen abgetragen und auf geeigneten Flächen zwischengelagert. Erst dann erfolgen weitere Erdarbeiten zur Herstellung der Bauflächen.

Zum Schutz des Oberbodens vor übermäßiger mechanischer Beanspruchung wird der Oberboden idealerweise mit Raupenbaggern (=Kettenbagger) abgetragen. Der Oberboden wird dabei möglichst wenig befahren.

## 2. Umfang des Bodenaushubs

Die durchschnittliche Mächtigkeit beträgt des Oberbodens ca. 0,4 bis 0,60m. Der Oberboden wird zunächst auf dafür vorgesehene Flächen (exklusive Überschwenkbereiche) zwischengelagert und im Zuge der Rekultivierung der temporär beanspruchten Flächen wieder eingebaut.

Zur Befestigung der Kranstell- und Montageflächen sowie der Baustraßen mit Schottermaterial muss zu dem Unterboden abgetragen werden. Der Aushub wird an Ort und Stelle zur Geländeangleichung wieder eingebaut.

Der Aushub aus der Fundamentgrube wird voraussichtlich im Bereich der Montageflächen zwischengelagert und nach Fertigstellung der Fundamente als Auflast wieder angeschüttet.

## 3. Zwischenlagerung von Bodenaushub

Der Oberboden sowie ggf. überschüssiger Unterboden wird im Plangebiet zur Herstellung einer durchwurzelbarer Bodenschicht wieder eingebaut.

Entsprechend ist ein schonender Umgang mit Bodenmaterial erforderlich. Dabei wird folgendes berücksichtigt

- Getrennte, sachgemäße Lagerung des Aushubs. Grundsätzlich gelten für die einzelnen Bodenqualitäten folgende maximale Miethöhen:
- Oberboden: 2 m
- Unterboden: 4 m

- Untergrund: unbegrenzt
- Keine Befahrung der Mieten.

Begrünung bei längerer Mietenlagerung:

Mutterbodenmieten werden bei einer Lagerungsdauer von mehr als 2 Monaten vor Erosion durch rechtzeitiges Bepflanzen geschützt. Laut DIN 19731 ist bei einer Lagerungsdauer über sechs Monate die Miete mit tiefwurzelnden, winterharten und stark wasserzehrenden Pflanzen (z. B. Luzernen, Waldstauden-Roggen, Lupine, Ölrettich) zu begrünen.

Bei der Kalkulation der notwendigen Mietenflächen für eine sachgerechte Lagerung des Bodenaushubs wird ein Auflockerungsfaktor berücksichtigt, der im Regelfall 1,3 beträgt. Der Böschungswinkel der Mieten (ca. 60 Grad) wird über den Böschungsfaktor (1,3) berücksichtigt.

Der Aushub aus den Fundamentgruben wird voraussichtlich auf den Kranstell- und/oder Montageflächen nach Unterboden (sofern vorhanden) und tragfähigen, sandigen Untergrund gelagert. Die entsprechenden Flächen werden für eine sachgerechte Zwischenlagerung des Aushubs als ausreichend erachtet.

#### 4. Wiedereinbau von Bodenaushub

Der Bodenaushub der Fundamentgruben wird nach Fertigstellung der Fundamente z.T.

wiederangeschüttet, wobei auf einen profilgerechten Einbau geachtet wird (zunächst Einbau von mineralischem Unterboden, der nach Abschluss der Bauarbeiten im Zuge der Rekultivierung der temporär beanspruchten Flächen mit humosen Oberboden in einer Mächtigkeit von 30 cm überdeckt wird). Nach Fertigstellung der WEA wird auf den zu rekultivierenden Flächen (mit Bodenmaterial überdeckte Fundamentflächen, Böschungen, Rotorblattlager- und Kranauslegermontageflächen) nach Entfernung von ggf. aufgebrachtem Fremdmaterial (Schottermaterial bzw. Platten) sowie ggf. erforderlicher Tiefenlockerung Oberboden in einer Mächtigkeit von bis zu 40 bis 60 cm aufgebracht. Das Aufbringen erfolgt mit minimaler Planierarbeit. Entferntes Fremdmaterial wird sachgerecht wieder verwendet bzw. entsorgt.

Grundsätzlich erfolgt der Wiedereinbau von Boden bei ausreichend trockenen Verhältnissen, um Gefüge- und daraus folgende Vernässungs- und Aufwuchsschäden zu vermeiden.

**Rohbaukosten (brutto):**

Die Rohbaukosten beinhalten die Kosten für das Tiefgründungsfundament, den Hybridstahlurm, das Maschinenhaus und die Rotorblattanlage:

Flachgründungsfundament:	236.000 €
Hybridstahlurm:	740.000 €
Gondel, Maschinenverkleidung, Nabe, Rotor:	732.000 €

**Gesamt: 1.708.000 €**

**Herstellkosten (brutto):**

Die Herstellkosten umfassen die Rohbaukosten zuzüglich der Kosten für die maschinenbaulichen und elektrotechnischen Komponenten:

a) Rohbaukosten:	1.708.000 €
b) Maschinenbauliche und elektrotechnische Komponenten:	575.000 €

**Gesamt: 2.283.000 €**

In den Herstell- und Rohbaukosten ist die gesetzliche Mehrwertsteuer von 19% enthalten.

Die Herstellkosten entsprechen nicht dem Kaufpreis der Anlage, der weitere Kosten, z.B. schwankende Materialpreise, Forschungs- und Entwicklungskosten u.v.m. abdecken muss, die jedoch für die Ermittlung der Genehmigungsgebühren nicht relevant sind.

**Der Transformator ist bei den ENERCON Anlagen im E-Modul des Turmfußes integriert. Es tritt keine separate Trafostation optisch in Erscheinung.**