

**Radartechnische Untersuchung
der Realisierungsmöglichkeiten für
die Windparkplanung „Badresch“
im Nahbereich der
Richtfunkstrecke HELPTER Berg - Matzdorf**

TADYX-021/25

20. März 2025

Auftraggeber:

Naturwind Schwerin GmbH
Schelfstraße 35
19055 Schwerin

Auftragnehmer:

Airbus Defence and Space
Airbus-Allee 1
28199 Bremen
Deutschland

Durchgeführt von:

Dipl.-Ing.(FH) B. D. Bloch;TADYX2

von der HK-Bremen und Bremerhaven
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Hochfrequenz- und Signaturtechnik,
insbesondere der Reflexionsanalysen von
Fassadenaufbauten

Tel: 0421 – 539 3010

Fax:0421 – 538 3481

boris.bloch@airbus.com

Das Gutachten besteht aus Blatt 1 bis 24.

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung zum projektierten Windpark Badresch in Bezug auf die zu untersuchende Richtfunkstrecke des Landes Mecklenburg-Vorpommern Matzdorf / Helpter Berg	3
2	Analyse der Störwirksamkeit.....	7
2.1	Grundlagen der Analysen	7
2.2	Analyse der Störwirksamkeit zur projektierten WEA 5.....	9
2.3	Analyse der Störwirksamkeit zur projektierten WEA 6.....	13
2.4	Analyse der Störwirksamkeit zur projektierten WEA 8.....	17
3	Auswertungen der Analysen	21
3.1	Auswertungen zur Windenergieanlage 5	21
3.2	Auswertungen zur Windenergieanlage 6	22
3.3	Auswertungen zur Windenergieanlage 8	23

1 Aufgabenstellung zum projektierten Windpark Badresch in Bezug auf die zu untersuchende Richtfunkstrecke des Landes Mecklenburg-Vorpommern Matzdorf / Helpter Berg

Innerhalb der Gemeinde Miltzow ist die Errichtung des Windparks *Badresch* projektiert. Der geplante Windpark besteht aus insgesamt 9 Windenergieanlagen des Typs VESTAS V 162 mit einer geplanten Nabenhöhe von 169 m über Grund und einem Rotordurchmesser von 162 m. Die Gründungshöhen der einzelnen Windenergieanlagen werden von 87,5 m über NHN bis 104,4 m über NHN angegeben.

Die Windparkplanung des Projektierers „Naturwind Schwerin GmbH“ aus Schwerin sieht vor, 9 Windenergieanlagen des Typs VESTAS V162 im Planungsgebiet zu realisieren. Durch das Plangebiet verläuft eine Richtfunkstrecke des Landes Mecklenburg Vorpommerns. Die Richtfunkstrecke [nachfolgend RF genannt] dient Behörden und Organisationen für Sicherheitsaufgaben. Aus diesem Grund wurde das Restriktionsgebiet von +/-100 m ausgehend von der Punkt-zu-Punktverbindung der beiden Funkstellen definiert. Durch den vergrößerten Restriktionsbereich soll eine Störwirksamkeit durch die Windparkplanung auf die Richtfunkstrecke des Landes ausgeschlossen werden. Die aktuell vorliegende Planung weist für alle Standorte, bezogen auf den Mittelpunkt der Windenergieanlagen, einen Abstand von mindestens 100 m, bezogen auf die Punkt-zu-Punkt Verbindung der Richtfunkstrecke, vor. Werden die dynamischen Anteile, also Rotor- bzw. Rotorblätter mit berücksichtigt, wird dieser Abstand von der WEA 5,6 und 8 unterschritten. Grundsätzlich wird eine Störwirksamkeit auf die Übertragungstrecke als unwahrscheinlich bewertet, wenn weder dynamische noch statische Bauteile der Windenergieanlage in die erste Fresnelzone ragen. Um mögliche Koordinatenungenauigkeiten sowie Reflexionen und Streu- und Beugungsfelder und damit ggf. vorhandene Interferenzen des Übertragungssignals zu berücksichtigen, wird dieses Kriterium bis zur vierten Fresnelzone angewendet. Die Betrachtung der 4. Fresnelzone ist notwendig, da der Frequenzbereich dieser Richtfunkanwendung von 3,8 GHz bis 86 GHz angegeben

wurde. In der nachfolgenden Untersuchung wird eine Frequenz von 3,8 GHz aufgrund des gewählten Worst-Case Ansatzes berücksichtigt. Die Richtfunkstrecke verläuft vom Helpter Berg nach Matzdorf.

	Nordkoordinate	Ostkoordinate	Antennenhöhe	Fußpunkthöhe über NN
Funkstelle 1 Helpter Berg	53° 29' 00,90"	13° 36' 08,20"	49,00 m	201,60 m
Funkstelle 2 Matzdorf	53° 35' 01,10'	13° 40' 06,40"	35,00 m	175,60 m

Tabelle 1: Daten zu den einzelnen Funkstellen

Ziel der Untersuchung ist es festzustellen, ob Auswirkungen durch die in Planung befindlichen Windenergieanlagen 5, 6 sowie 8 auf die vorstehend genannte Richtfunkstrecke des Landes Mecklenburg Vorpommern entstehen können und sofern Auswirkungen auf die Richtfunkstrecke vorliegen, Lösungsmöglichkeiten zur Reduktion des Störpotentials zu benennen.

Die Windenergieanlagen 1, 2, 3, 4, 7 sowie 9 sind nicht Gegenstand dieser Untersuchung, da bei diesen Anlagen ein größerer Separationsabstand von 100 m zur Richtfunkstrecke unter Berücksichtigung der dynamischen Anteile der WEA vorliegt.

Die nachfolgende Tabelle gibt die projektierten Koordinaten, Rotordurchmesser, Nabhöhe sowie die exakten Fußpunkthöhen des gesamten Windparks wieder:

Bezeichnung	Nord	Ost	Zone	Typ	Nabhöhe	Erhebung	Rotor Ø
WEA 1	53° 33' 04.85"	13° 38' 8.22"	WGS-84	VESTAS V162	169	90,7	162
WEA 2	53° 32' 52.99"	13° 38' 09.75"	WGS-84	VESTAS V162	169	98,4	162
WEA 3	53° 32' 57.25"	13° 38' 31.67"	WGS-84	VESTAS V162	169	87,5	162
WEA 4	53° 32' 36.97"	13° 38' 06.68"	WGS-84	VESTAS V162	169	100	162
WEA 5	53° 32' 40.07"	13° 38' 40.32"	WGS-84	VESTAS V162	169	103,6	162
WEA 6	53° 32' 27.67"	13° 38' 16.81"	WGS-84	VESTAS V162	169	97,5	162
WEA 7	53° 32' 16.43"	13° 37' 56.36"	WGS-84	VESTAS V162	169	100	162
WEA 8	53° 32' 05.58"	13° 38' 17.79"	WGS-84	VESTAS V162	169	100	162
WEA 9	53° 31' 49.87"	13° 38' 25.35"	WGS-84	VESTAS V162	169	104,4	162

Tabelle 2: Daten zum projektierten Windpark Badresch, Koordinaten WGS-84

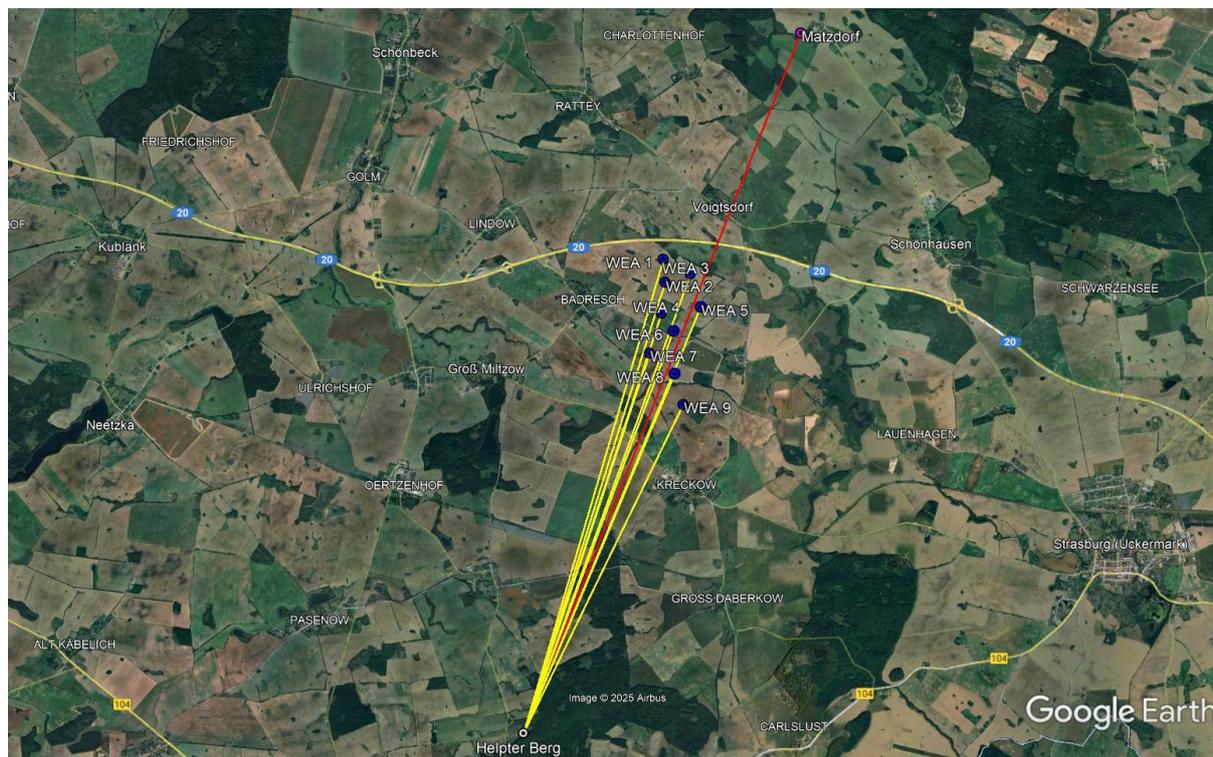


Abbildung 1: Übersichtsdarstellung der beiden Funkstellen sowie des projizierten Windparks Badresch

Die Distanz zwischen den Funkstellen Helpter Berg und Matzdorf wird mit 11968,90 m angegeben, der Azimutwinkel von Funkstelle Helpter Berg [RF2] nach Matzdorf [RF1] mit 21,43° [Nord = 0°].

Aus Perspektive der Funkstelle 2 ergeben sich folgende Winkelbezüge und Abstände zu den einzelnen Windenergieanlagen:

Anlagennummer	Azimutwinkel	Distanz Funkstelle Helper Berg	Einfacher Rotordurchmesser	Abstand zur P-t-P Verbindung - statisch [m]	Abstand zur P-t-P Verbindung - dynamisch [m]
WEA 1	5,15	7859,40	162	705,15	624,15
WEA 2	4,16	7516,62	162	544,66	463,66
WEA 3	1,60	7770,50	162	217,40	136,40
WEA 4	3,39	7027,60	162	415,70	334,70
WEA 5	0,98	7332,67	162	125,49	44,49
WEA 6	1,15	6817,51	162	136,68	55,68
WEA 7	3,24	6365,09	162	359,67	278,67
WEA 8	1,21	6188,70	162	130,50	49,50
WEA 9	4,33	5803,21	162	438,15	357,15

Tabelle 3: Winkelbezüge auf den Windpark Badresch aus Perspektive der Funkstelle 2 [Helpter Berg]

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Insbesondere die Veröffentlichung in öffentlich zugänglichen Medien setzt eine explizite schriftliche Zustimmung durch Airbus Defence and Space voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster-Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen



Abbildung 2: Detaildarstellung des projektierten Windparks Badresch. Die Punkt-zu-Punkt Verbindung der Richtfunkstrecke ist in Rot gekennzeichnet

Gemäß Mitteilung aus dem Jahre 2014 ist der Restriktionsbereich der Punkt zu Punkt Verbindung mit +/-100 m definiert. Unter Berücksichtigung eines Rotorkreisradius von 81 m ergibt sich eine einzuhaltende Entfernung von mindestens 181 m, bezogen auf den statischen Anteil der Windenergieanlage, damit die untersuchte WEA zu keiner Zeit den Restriktionsbereich berührt.

Bei Auswertung der genauen Abstände gemäß der

Anlagennummer	Azimutwinkel	Distanz Funkstelle Helper Berg	Einfacher Rotordurchmesser	Abstand zur P-t-P Verbindung - statisch [m]	Abstand zur P-t-P Verbindung - dynamisch [m]
WEA 1	5,15	7859,40	162	705,15	624,15
WEA 2	4,16	7516,62	162	544,66	463,66
WEA 3	1,60	7770,50	162	217,40	136,40
WEA 4	3,39	7027,60	162	415,70	334,70
WEA 5	0,98	7332,67	162	125,49	44,49
WEA 6	1,15	6817,51	162	136,68	55,68
WEA 7	3,24	6365,09	162	359,67	278,67
WEA 8	1,21	6188,70	162	130,50	49,50
WEA 9	4,33	5803,21	162	438,15	357,15

Tabelle 3 ist ersichtlich, dass die Windenergieanlagen 5, 6 und 8 den geforderten Abstand nicht erfüllen und somit mit den dynamischen Anteilen in den Restriktionsbereich hineinwirken. Alle weiteren Anlagen erfüllen das gestellte Kriterium des Mindestabstandes von 100 m zur Punkt-zu-Punkt Verbindung der Richtfunkstrecke. Für diese Anlagen entfällt eine weitere Betrachtung bezüglich der Störrelevanz in Bezug auf die Richtfunkstrecke.

2 Analyse der Störwirksamkeit

2.1 Grundlagen der Analysen

Die Beeinträchtigung der Richtfunkstrecke durch statische bzw. dynamische Anteile einer Windenergieanlage wird ausgeschlossen, sofern die 1. bis 4. Fresnelzone nicht durch diese Anlagenteile tangiert wird. Die 4. Fresnelzone wird in diesem Fall als Sicherheitspuffer berücksichtigt, da die Lage der Richtantennen am Turm nicht immer metergenau bestimmt werden kann und die verwendete Frequenz der Richtfunkstrecke nicht bekannt ist. Weitere Unschärfen werden in der Analyse nicht berücksichtigt, da sowohl für die einzelnen Funkstellen, als auch für die Windenergieanlagen exakte Koordinaten vorliegen und vorausgesetzt werden können.

Die Untersuchung berücksichtigt die vorstehenden Angaben gemäß Kapitel 1 exakt und beinhaltet folgende Arbeitsschritte:

- Abbildung der projektierten Windenergieanlagen sowie der Funkstellen im Airbus Defence and Space eigenen Datensystem.
- Ermittlung der exakten Abstände und Azimutwinkel zu den Funkstellen.
- Ermittlung der exakten Höhe der Punkt-zu-Punkt Verbindung der beiden Funkstellen.

- Ermittlung der maximalen Breite der 1., 2., 3. und 4. Fresnelzone.
- Ermittlung der Lage der 1., 2., 3. und 4. Fresnelzone in Bezug auf WEA 5, 6 und WEA 8.
- Ermittlung möglicher Überlappungen der einzelnen Fresnelzonen mit dem Rotor – Worst Case Ansatz. Rotor steht orthogonal zur Punkt-zu-Punkt Verbindung.

Sofern die Analysen zeigen, dass weder die erste noch die vierte Fresnelzone durch Anlagenteile berührt werden, wird eine Beeinträchtigung der Richtfunkstrecke durch diese Anlage ausgeschlossen. Sollten Anlagenteile die erste bzw. vierte Fresnelzone berühren, werden Maßnahmen zur Reduktion der Störwirksamkeit bzw. Alternativen der Übertragung aufgezeigt. Eine exakte Formulierung der Alternativen ist nicht Gegenstand der durchzuführenden Analysen.

2.2 Analyse der Störwirksamkeit zur projektierten WEA 5

Die Auswertung der berücksichtigten WGS-84 Koordinaten zwischen der Funkstelle Helpter Berg zur Windenergieanlage 5 ergibt einen exakten Abstand von 7332,67 m. Aus Perspektive dieser Funkstelle liegt die projektierte Windenergieanlage 5 auf einem Azimutwinkel von 22,4575°. Die Windenergieanlage zeigt somit einen seitlichen Winkelversatz zur Punkt-zu-Punkt Verbindung der beiden Richtfunkantennen von 0,98°. Unter Berücksichtigung dieser Parameter ergibt sich ein exakter Abstand von 125,49 m von der zu berücksichtigenden Punkt-zu-Punkt Verbindung der Richtfunkstrecke zum Mittelpunkt der WEA-Säule. Der dynamische Abstand wird unter Berücksichtigung des Rotordurchmessers mit 44,49 m angegeben.

Aufgrund der berücksichtigten Frequenz von 3,8 GHz, den einzelnen Distanzen zu den Funkstellen sowie zur Windenergieanlage 5 kann ein maximaler Radius der Fresnelzone 1 von 14,96 m ermittelt werden. Der Radius der Fresnelzone 2 im Bereich der Windenergieanlage 5 wird mit 21,17 m, der der Fresnelzone 3 mit 25,93 m und der Fresnelzone 4 mit 29,94 m angegeben. Gemäß der Tabelle 3 liegt der dynamische Abstand zur Punkt-zu-Punkt Verbindung bei über 44,49 m unter Ausblendung ggf. vorhandener Höhenunterschiede zwischen dem Übertragungskanal und der rotierenden Rotor spitze. Unter Ausblendung der Höheninformationen dringt die Rotor spitze in die 10. Fresnelzone ein.

Ein Elevationswinkel zwischen den beiden Richtfunkantennen wurde nicht angegeben. Die Höhe der Richtfunkantenne an der Funkstelle 2 [Helpter Berg] wird mit 250,60 m über NHN, die Höhe der Antenne an der Funkstelle 1 [Matzdorf] wird mit 210,6 m über NHN angenommen. Aus dem zu berücksichtigenden Abstand, der Höhe beider Funkstellen über NHN und der Erdkrümmung ergibt sich ein Elevationswinkel von - 0,2318°. Im Bereich der Windenergieanlage 5 kann somit die Höhe der Punkt-zu-Punkt Verbindung mit 220,93 m über NHN bzw. 117,33 m über Grund im Bezug zum Fußpunkt der WEA 5 angegeben werden.

Die Fußpunkthöhe der Windenergieanlage 5 wird mit 103,6 m über NHN und die Nabhöhe mit insgesamt 169 m über Grund angegeben. Die projektierte Nabhöhe liegt somit bei 272,6 m über NHN. Abzüglich des halben Rotordurchmessers von 81 m liegt der Tiefpunkt der Rotorblattspitze bei ca. 191,6 m. Der Übertragungskanal der Richtfunkstrecke liegt somit ca. 24,33 m höher als der Tiefpunkt der Rotorblattspitzen.

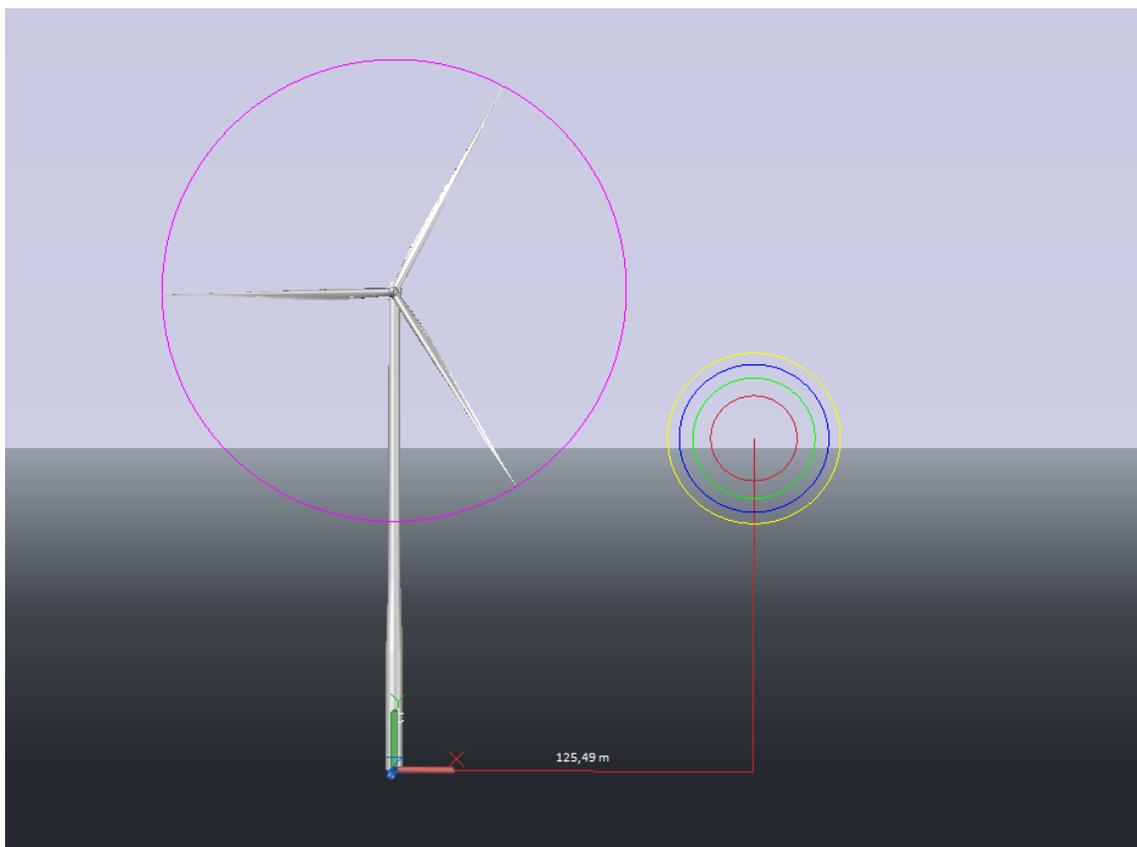


Abbildung 3: Systemdarstellung der WEA 5 in Bezug auf die Richtfunkstrecke des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Angenommene Windrichtung aus südwestlicher Richtung [202,39°] zur Festlegung der Rotororientierung. Alle Maßangaben in Meter.

Die jeweils ermittelten Höhen über Grund der Richtfunkstrecke als auch der WEA 5 sind vorstehend entsprechend angegeben.

Roter Kreis	=	1. Fresnelzone – Radius 14,69 m
Grüner Kreis	=	2. Fresnelzone – Radius 21,17 m
Blauer Kreis	=	3. Fresnelzone – Radius 25,93 m
Gelber Kreis	=	4. Fresnelzone – Radius 29,94 m

Am untersuchten Aufstellungsort gemäß der Tabelle 2 der Windenergieanlage 5 wird die vierte Fresnelzone der Richtfunkstrecke zu keiner Zeit durch die Rotorblätter tangiert. Der Abstand zwischen Rotorblattspitze und der vierten Fresnelzone kann unter Berücksichtigung der Worstcase Annahme, wobei der Rotor orthogonal zur Punkt-zu-Punkt Verbindung steht, mit mehr als 14 m angegeben werden. Aufgrund des Abstandes zur Richtfunkstrecke kann ein störwirksamer Einfluss auf die Punkt-zu-Punkt Verbindung ausgeschlossen werden.

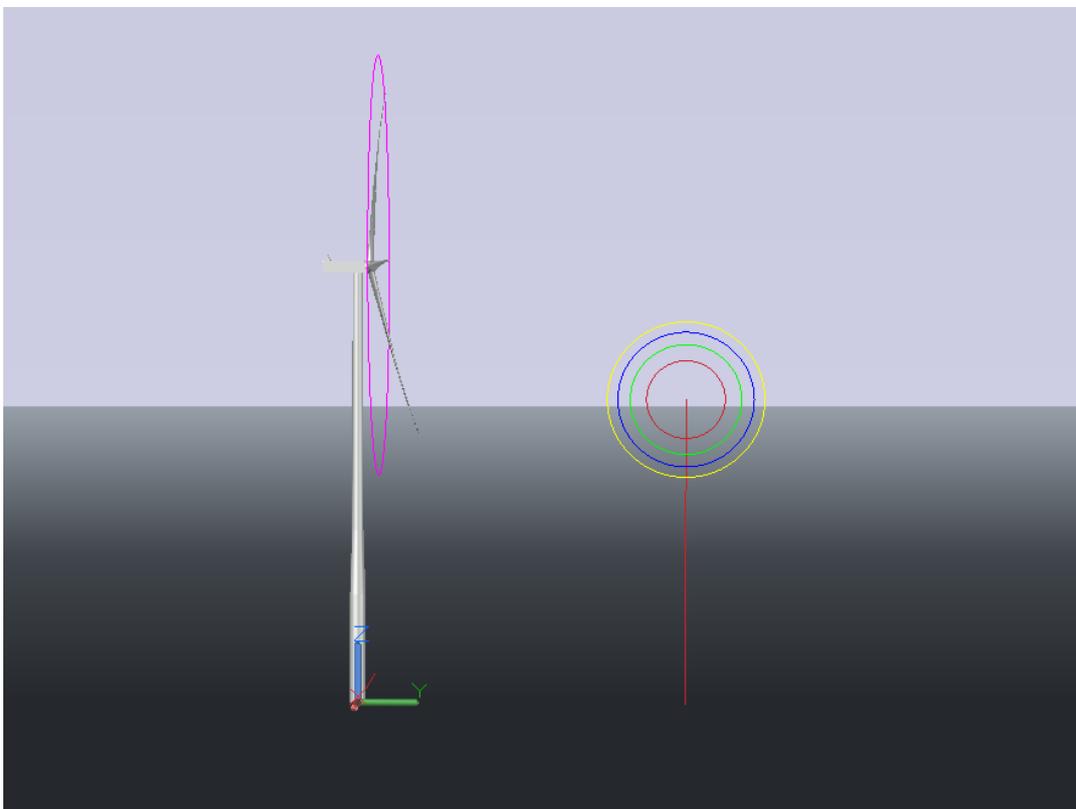


Abbildung 4: Systemdarstellung der WEA 5 in Bezug auf die Richtfunkstrecke des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Angenommene Windrichtung aus nordwestlicher Richtung $[292,39^\circ]$ zur Festlegung der Rotororientierung. Alle Maßangaben in Meter.

Die Abbildung 4 berücksichtigt Windrichtungen aus nordwestlicher Richtung. Bei der angenommenen Windrichtung vergrößert sich der Abstand der äußersten Rotorblattspitze unter Berücksichtigung der Rotorneigung auf mehr als 75 m zur vierten Fresnelzone.

Aufgrund des gegebenen Abstandes zwischen der äußeren Randzone der vierten Fresnelzone ist eine Störwirksamkeit auf die Richtfunkstrecke durch die WEA 5 ausgeschlossen. Der Abstand zwischen der Richtfunkstrecke und der äußersten Rotorspitze der WEA könnte, sofern notwendig, reduziert werden, ohne dass eine Störwirksamkeit auf die Richtfunkstrecke generiert wird. Die Anlage 5 darf in Bezug auf die Richtfunkstrecke nur parallel zur Strecke oder in südöstlicher Richtung verschoben werden, ohne dass eine Störwirksamkeit auf die Punkt-zu-Punkt Verbindung zu erwarten wäre.

2.3 Analyse der Störwirksamkeit zur projektierten WEA 6

Die Auswertung der berücksichtigten WGS-84 Koordinaten zur Windenergieanlage 6 ergibt einen exakten Abstand von 6817,51 m von der Funkstelle 2 [Helpter Berg]. Aus Perspektive dieser Funkstelle liegt die projektierte Windenergieanlage 6 auf einem Azimutwinkel von 20,3281°. Die Windenergieanlage zeigt somit einen seitlichen Winkelversatz zur Punkt-zu-Punkt Verbindung der beiden Richtfunkantennen von 1,1488°. Unter Berücksichtigung dieser Parameter ergibt sich ein exakter Abstand von 136,68 m von der zu berücksichtigenden Punkt-zu-Punkt Verbindung der beiden Richtfunkstrecken zum Mittelpunkt der WEA-Säule.

Aufgrund der berücksichtigten Frequenz von 3,8 GHz, den einzelnen Distanzen zu den Funkstellen sowie zur Windenergieanlage 6 kann ein maximaler Radius der Fresnelzone 1 von 15,21 m ermittelt werden. Der Radius der Fresnelzone 2 im Bereich der Windenergieanlage 6 wird mit 21,51 m, der der Fresnelzone 3 mit 26,35 m sowie der Fresnelzone 4 mit 30,43 m angegeben.

Ein Elevationswinkel zwischen den beiden Richtfunkantennen wurde nicht angegeben. Die Höhe des Fußpunktes der Richtfunkantenne an der Funkstelle 2 [Helpter Berg] wird mit 250,6 m über NHN, die Höhe der Antenne an der Funkstelle 1 [Matzdorf] wird mit 210,6 m über NHN angenommen. Aus dem zu berücksichtigenden Abstand, der Höhe beider Funkstellen über NHN und der Erdkrümmung ergibt sich ein Elevationswinkel von -0,2318°. Im Bereich der Windenergieanlage 6 kann somit die Höhe der Punkt-zu-Punkt Verbindung mit 223,02 m über NHN bzw. 125,52 m über Grund im Bezug zum Fußpunkt der WEA 6 angegeben werden.

Die Fußpunkthöhe der Windenergieanlage 6 wird mit 97,5 m über NHN angegeben. Weiter ist eine Nabenhöhe von 169 m über Grund zu berücksichtigen.

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht die vorstehend aufgeführten Parameter:

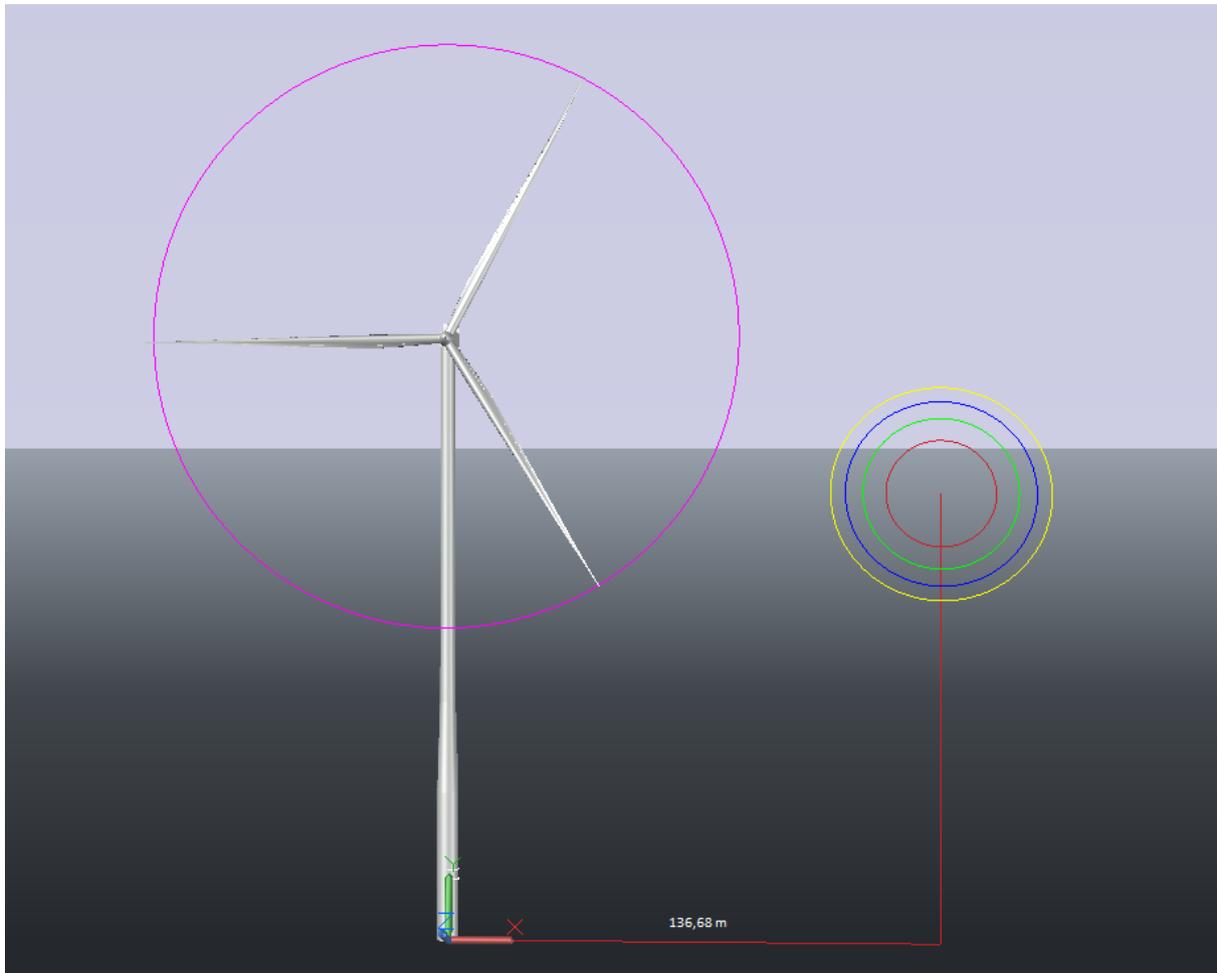


Abbildung 5: Systemdarstellung der WEA 6 in Bezug auf die Richtfunkstrecke des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Angenommene Windrichtung aus südwestlicher Richtung [200,66°] zur Festlegung der Rotororientierung. Alle Maßangaben in Meter.

Die jeweils ermittelten Höhen über Grund der Richtfunkstrecke als auch der WEA 6 sind entsprechend angegeben.

Roter Kreis	=	1. Fresnelzone – Radius: 15,21 m
Grüner Kreis	=	2. Fresnelzone – Radius: 21,51 m
Blauer Kreis	=	3. Fresnelzone – Radius: 26,35 m
Gelber Kreis	=	4. Fresnelzone – Radius: 30,43 m

Am untersuchten Aufstellungsort gemäß der Tabelle 2 der Windenergieanlage 6 wird die vierte Fresnelzone der Richtfunkstrecke zu keiner Zeit durch die Rotorblätter

tangiert. Der Abstand zwischen Rotorblattspitze und der vierten Fresnelzone kann unter Berücksichtigung der Worstcase Annahme, wobei der Rotor orthogonal zur Punkt-zu-Punkt Verbindung steht, mit mehr als 25 m angegeben werden. Aufgrund des Abstandes zur Richtfunkstrecke kann ein störawirksamer Einfluss auf die Punkt-zu-Punkt Verbindung ausgeschlossen werden.

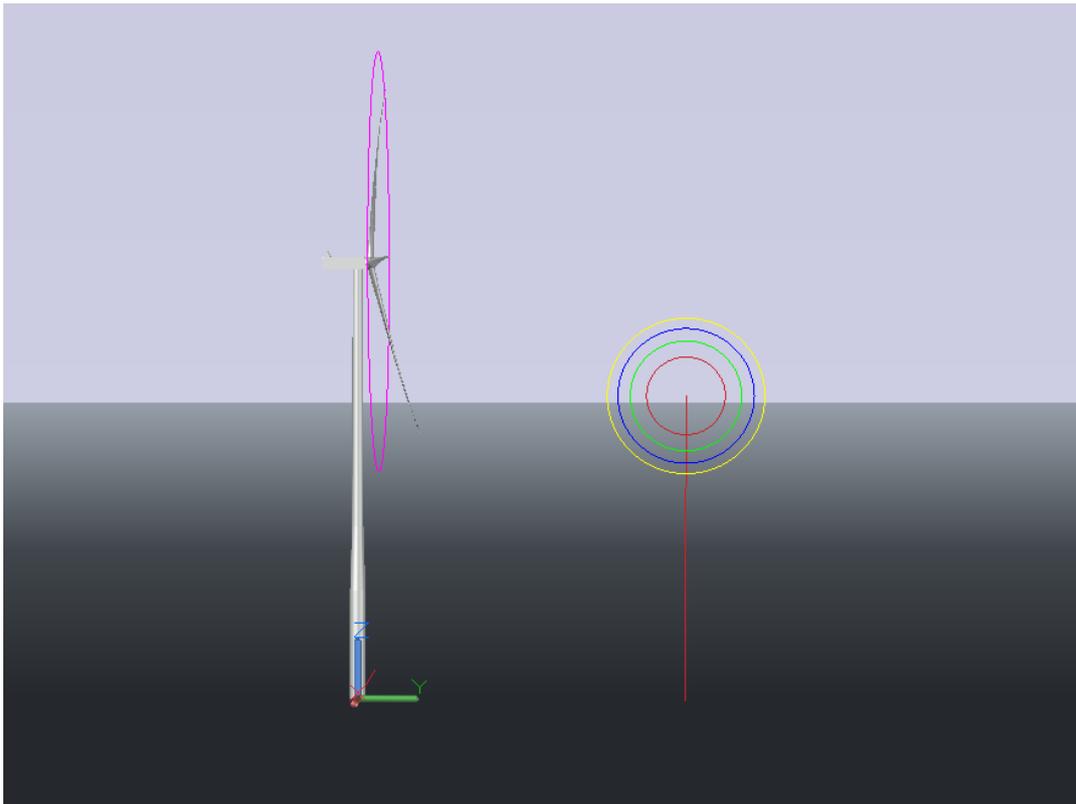


Abbildung 6: Systemdarstellung der WEA 6 in Bezug auf die Richtfunkstrecke des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Angenommene Windrichtung aus südöstlicher Richtung [110,66°] zur Festlegung der Rotororientierung. Alle Maßangaben in Meter.

Die Abbildung 6 berücksichtigt Windrichtungen aus südöstlicher Richtung. Bei der angenommenen Windrichtung vergrößert sich der Abstand der äußersten Rotorblattspitze unter Berücksichtigung der Rotorneigung auf über 85 m zur vierten Fresnelzone.

Aufgrund des gegebenen Abstandes zwischen der äußeren Randzone der vierten Fresnelzone ist eine Störwirksamkeit auf die Richtfunkstrecke durch die WEA 6 ausgeschlossen. Der Abstand zwischen der Richtfunkstrecke und der äußersten Rotorspitze der WEA könnte, sofern notwendig, reduziert werden, ohne dass eine Störwirksamkeit auf die Richtfunkstrecke generiert wird. Die Anlage 6 darf in Bezug auf die Richtfunkstrecke nur parallel zur Strecke oder in südwestlicher Richtung verschoben werden, ohne dass eine Störwirksamkeit auf die Punkt-zu-Punkt Verbindung zu erwarten wäre.

2.4 Analyse der Störwirksamkeit zur projektierten WEA 8

Die Auswertung der berücksichtigten WGS-84 Koordinaten zur Windenergieanlage 8 ergibt einen exakten Abstand von 6188,7 m von der Funkstelle 2 [Helpter Berg]. Aus Perspektive dieser Funkstelle liegt die projektierte Windenergieanlage 8 auf einem Azimutwinkel von 22,6852°. Die Windenergieanlage zeigt somit einen seitlichen Winkelversatz zur Punkt-zu-Punkt Verbindung der beiden Richtfunkantennen von 1,2083°. Unter Berücksichtigung dieser Parameter ergibt sich ein exakter Abstand von 130,5 m von der zu berücksichtigenden Punkt-zu-Punkt Verbindung der beiden Richtfunkstrecken zum Mittelpunkt der WEA-Säule.

Aufgrund der berücksichtigten Frequenz von 3,8 GHz, den einzelnen Distanzen zu den Funkstellen sowie zur Windenergieanlage 8 kann ein maximaler Radius der Fresnelzone 1 von 15,35 m ermittelt werden. Der Radius der Fresnelzone 2 im Bereich der Windenergieanlage 8 wird mit 21,71 m, der der Fresnelzone 3 mit 26,59 m sowie der Fresnelzone 4 mit 30,71 m angegeben.

Ein Elevationswinkel zwischen den beiden Richtfunkantennen wurde nicht angegeben. Die Höhe des Fußpunktes der Richtfunkantenne an der Funkstelle 2 [Helpter Berg] wird mit 250,6 m über NHN, die Höhe der Antenne an der Funkstelle 1 [Matzdorf] wird mit 210,6 m über NHN angenommen. Aus dem zu berücksichtigenden Abstand, der Höhe beider Funkstellen über NHN und der Erdkrümmung ergibt sich ein Elevationswinkel von -0,2318°. Im Bereich der Windenergieanlage 8 kann somit die Höhe der Punkt-zu-Punkt Verbindung mit 225,56 m über NHN bzw. 128,06 m über Grund im Bezug zum Fußpunkt der WEA 8 angegeben werden.

Die Fußpunkthöhe der Windenergieanlage 8 wird mit 100 m über NHN angegeben. Weiter ist eine Nabenhöhe von 169 m zu berücksichtigen.

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht die vorstehend aufgeführten Parameter:



Abbildung 7: Systemdarstellung der WEA 8 in Bezug auf die Richtfunkstrecke des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Angenommene Windrichtung aus südwestlicher Richtung [202,50°] zur Festlegung der Rotororientierung. Alle Maßangaben in Meter.

Die jeweils ermittelten Höhen über Grund der Richtfunkstrecke als auch der WEA 8 sind entsprechend angegeben.

Roter Kreis	=	1. Fresnelzone – Radius: 15,35 m
Grüner Kreis	=	2. Fresnelzone – Radius: 21,71 m
Blauer Kreis	=	3. Fresnelzone – Radius: 26,59 m
Gelber Kreis	=	4. Fresnelzone – Radius: 30,71 m

Am untersuchten Aufstellungsort gemäß der Tabelle 2 der Windenergieanlage 8 wird die vierte Fresnelzone der Richtfunkstrecke zu keiner Zeit durch die Rotorblätter tangiert. Der Abstand zwischen Rotorblattspitze und der vierten Fresnelzone kann unter Berücksichtigung der Worst-Case Annahme, wobei der Rotor orthogonal zur Punkt-zu-Punkt Verbindung steht, mit mehr als 19 m angegeben werden. Aufgrund des Abstandes zur Richtfunkstrecke kann ein störender Einfluss auf die Punkt-zu-Punkt Verbindung ausgeschlossen werden.

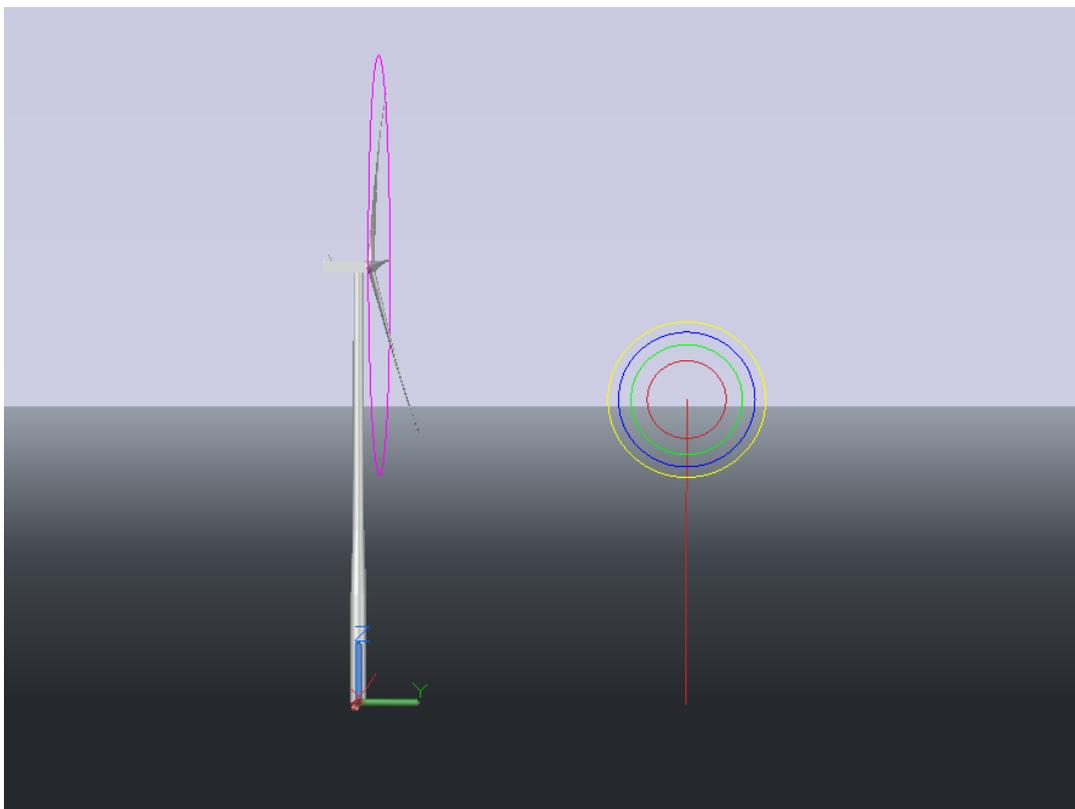


Abbildung 8: Systemdarstellung der WEA 8 in Bezug auf die Richtfunkstrecke des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Angenommene Windrichtung aus südöstlicher Richtung $[292,50^\circ]$ zur Festlegung der Rotororientierung. Alle Maßangaben in Meter.

Die Abbildung 8 berücksichtigt Windrichtungen aus südöstlicher Richtung. Bei der angenommenen Windrichtung vergrößert sich der Abstand der äußersten Rotorblattspitze unter Berücksichtigung der Rotorneigung auf über 78 m zur vierten Fresnelzone.

Aufgrund des gegebenen Abstandes zwischen der äußeren Randzone der vierten Fresnelzone ist eine Störwirksamkeit auf die Richtfunkstrecke durch die WEA 8 ausgeschlossen. Der Abstand zwischen der Richtfunkstrecke und der äußersten Rotorspitze der WEA könnte, sofern notwendig, reduziert werden, ohne dass eine Störwirksamkeit auf die Richtfunkstrecke generiert wird. Die Anlage 8 darf in Bezug auf die Richtfunkstrecke nur parallel zur Strecke oder in südöstlicher Richtung verschoben werden, ohne dass eine Störwirksamkeit auf die Punkt-zu-Punkt Verbindung zu erwarten wäre.

3 Auswertungen der Analysen

Die Analysen zeigen, dass die WEA 5, WEA 6 und WEA 8 einen ausreichend großen Abstand zur Punkt-zu-Punkt Verbindung aufweist. Eine Störwirksamkeit der drei Windkraftanlagen auf die Übertragungstrecke wird als unwahrscheinlich bewertet.

Grundsätzlich ist bei der Errichtung darauf zu achten, dass die Stellplätze des Kranes so gewählt werden, dass eine Beeinflussung durch den Kran bzw. durch die Kranbewegungen auf die Richtfunkstrecke nicht gegeben ist.

3.1 Auswertungen zur Windenergieanlage 5

Die Auswertungen bezüglich der Richtfunkstrecke Helpter Berg / Matzdorf und dem projektierten Standort der Windenergieanlage 5 zeigen, dass die Richtfunkstrecke 125,49 m nordwestlich des Standortes der WEA 5 verläuft. Um einen störungsfreien Betrieb der Richtfunkstrecke gewährleisten zu können, müssen die ersten vier Fresnelzonen frei von Beeinflussungen durch die WEA 5 bleiben. Aufgrund möglicher Ungenauigkeiten bei den beiden Antennenkoordinaten sowie der unbekanntem Betriebsfrequenz werden bei der Bewertung die ersten vier Fresnelzonen berücksichtigt. Die mitgeteilten WEA- Koordinaten sowie die Fußpunkthöhe können als dezimetergenau angenommen werden. Unter Berücksichtigung dieser Randparameter wird festgestellt, dass die Punkt-zu-Punkt Verbindung beider Antennen mit einem Seitenversatz von mindestens 14 m unter Berücksichtigung der 4. Fresnelzone zur Windenergieanlage 5 verläuft.

Die Höhe dieser Verbindung wird mit 117,33 m über Grund angegeben. Gemäß der Abbildung 3 tangiert die WEA 5 zu keiner Zeit die vierte Fresnelzone der Richtfunkstrecke. Eine Störwirksamkeit auf die Richtfunkstrecke kann an der projektierten Stelle ausgeschlossen werden. Sofern die Planungen die Notwendigkeit

der Verschiebung des Standortes WEA 5 erfordern, kann die WEA 5 nur parallel zur Richtfunkstrecke oder in Richtung Osten verschoben werden, ohne dass ein negativer Einfluss auf die Punkt-zu-Punkt Verbindung zu erwarten ist.

Grundsätzlich ist bei der Errichtung der WEA darauf zu achten, dass keine Kranbewegungen in den Übertragungskanal stattfinden.

3.2 Auswertungen zur Windenergieanlage 6

Die Auswertungen bezüglich der Richtfunkstrecke Helpter Berg / Matzdorf und dem projektierten Standort der Windenergieanlage 6 zeigen, dass die Richtfunkstrecke 136,68 m südöstlich des Standortes der WEA 6 verläuft. Um einen störungsfreien Betrieb der Richtfunkstrecke gewährleisten zu können, müssen die ersten vier Fresnelzonen frei von Beeinflussungen durch die WEA 6 bleiben. Aufgrund möglicher Ungenauigkeiten bei den beiden Antennenkoordinaten sowie der unbekanntem Betriebsfrequenz werden bei der Bewertung die ersten vier Fresnelzonen berücksichtigt. Die mitgeteilten WEA- Koordinaten sowie die Fußpunkthöhe können als dezimetergenau angenommen werden. Unter Berücksichtigung dieser Randparameter wird festgestellt, dass die Punkt-zu-Punkt Verbindung beider Antennen mit einem Seitenversatz von mindestens 25 m unter Berücksichtigung der 4. Fresnelzone zur Windenergieanlage 6 verläuft.

Die Höhe dieser Verbindung wird mit 125,52 m über Grund angegeben. Gemäß der Abbildung 5 tangiert die WEA 6 zu keiner Zeit die vierte Fresnelzone der Richtfunkstrecke. Eine Störwirksamkeit auf die Richtfunkstrecke kann an der projektierten Stelle ausgeschlossen werden. Sofern die Planungen die Notwendigkeit der Verschiebung des Standortes WEA 6 erfordern, kann die WEA 6 nur parallel zur Richtfunkstrecke oder in Richtung Westen verschoben werden, ohne dass ein negativer Einfluss auf die Punkt-zu-Punkt Verbindung zu erwarten ist.

3.3 Auswertungen zur Windenergieanlage 8

Die Auswertungen bezüglich der Richtfunkstrecke Helper Berg / Matzdorf und dem projektierten Standort der Windenergieanlage 8 zeigen, dass die Richtfunkstrecke 130,50 m nordwestlich des Standortes der WEA 8 verläuft. Um einen störungsfreien Betrieb der Richtfunkstrecke gewährleisten zu können, müssen die ersten vier Fresnelzonen frei von Beeinflussungen durch die WEA 8 bleiben. Aufgrund möglicher Ungenauigkeiten bei den beiden Antennenkoordinaten sowie der unbekannteren Betriebsfrequenz werden bei der Bewertung die ersten vier Fresnelzonen berücksichtigt. Die mitgeteilten WEA-Koordinaten sowie die Fußpunkthöhe können als dezimetergenau angenommen werden.

Unter Berücksichtigung dieser Randparameter wird festgestellt, dass die Punkt-zu-Punkt Verbindung beider Antennen mit einem Seitenversatz von mindestens 18 m unter Berücksichtigung der 4. Fresnelzone zur Windenergieanlage 8 verläuft.

Die Höhe dieser Verbindung wird mit 128,06 m über Grund angegeben. Gemäß der Abbildung 7 tangiert die WEA 8 zu keiner Zeit die vierte Fresnelzone der Richtfunkstrecke. Eine Störwirksamkeit auf die Richtfunkstrecke kann an der projektierten Stelle ausgeschlossen werden. Sofern die Planungen die Notwendigkeit der Verschiebung des Standortes WEA 8 erfordern, kann die WEA 8 nur parallel zur Richtfunkstrecke oder in Richtung Osten verschoben werden, ohne dass ein negativer Einfluss auf die Punkt-zu-Punkt Verbindung zu erwarten ist.

Hinweis

Sämtliche angegebenen Ergebnisse gelten ausschließlich unter den genannten Randbedingungen (z. B. Verschattungen, Lage der Flugzonen, Radarstandort). Die Ergebnisse können in keinem Fall auf andere Bauvorhaben übertragen werden. Eine Änderung der Aufstellungsplanung bewirkt, dass sämtliche ermittelten Ergebnisse ihre Gültigkeit verlieren.

Alle Untersuchungsobjekte sind hinsichtlich Konstruktion und Material vom Auftraggeber vorgegeben worden. Alle Untersuchungen und theoretische Analysen sind vom Sachverständigen persönlich überwacht oder durchgeführt worden.

Alle genutzten Hilfsmittel sind Eigentum der Airbus Defence and Space GmbH, Betrieb Bremen. Sie entsprechen dem aktuellen Stand der Wissenschaft und Lehre und der Erfahrung aus der Praxis.

Diplom Ingenieur (FH). Boris D. Bloch; 20.03.2025

von der HK-Bremen und Bremerhaven
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Hochfrequenz- und Signaturtechnik,
insbesondere der Reflexionsanalysen von Fassadenaufbauten

Die Signatur des Gutachtens kann mit dem [digiSeal®-reader](#) von secript geprüft werden

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Insbesondere die Veröffentlichung in öffentlich zugänglichen Medien setzt eine explizite schriftliche Zustimmung durch Airbus Defence and Space voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster-Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen