

Signaturtechnisches Gutachten
zur Planung von Windenergieanlagen im
Bereich Hilchenbach-Kirchhundem
im Einflussbereich der
militärischen Radaranlage Erndtebrück

Gutachten Nr.: TEATE-181/18 sowie
Ergänzung TEATE-457/19

Technischer Abschluss: 08.01.2020

Auftraggeber:

WRD Management Support GmbH
Teerhof 59

D-28199 Bremen

Auftragnehmer:

Airbus Defence and Space GmbH
Airbus-Allee 1

D-28199 Bremen

Durchgeführt von:

Dr.-Ing. A. Frye; TEATE-TL1

unter Beteiligung von:

Dipl.-Math. O. Stelzner; TEATE-TL1

Tel.: +49 421 – 538 2719

Fax.: +49 421 – 538 3481

E-Mail: andreas.frye@airbus.com

Ausfertigungsnummer - **pdf** -

Das Gutachten besteht aus den Seiten 1 bis 64 mit Anhang A bis D.

Inhaltsverzeichnis:

1	Zielsetzung	4
1.1	Bewertung bzgl. des Radars Erndtebrück (3D-LV-Radar)	4
1.2	Zielsetzung	7
2	Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse	8
2.1	Radar Erndtebrück.....	8
3	Untersuchung bzgl. Radar Erndtebrück.....	11
3.1	Aufgabenbeschreibung	11
3.2	Referenzuntersuchung	13
3.3	Untersuchungsverfahren	16
3.4	Technische Analyse für das 3D-LV-Radar Erndtebrück	19
3.5	Randbedingungen für Analysen zu einem 3D-LV-Radar	21
3.5.1	Bewertung der WEA-Objektstruktur gegenüber den Bewertungskriterien zu einem 3D-LV-Radar	22
3.6	Analyse für -0,1° bzw. 0° Elevation (abhängig vom Azimut)	29
3.6.1	Randbedingungen für diese Aufgabenstellung	29
3.6.2	Künftige Situation mit den geplanten WEA	36

3.6.3	Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen	40
3.6.4	Auswertung der künftige Situation mit den geplanten WEA	41
3.6.5	Bewertung der Darstellung der normierten Feldstärkenverteilungen ..	57
3.6.6	Beurteilung	57
Anhang A: Abkürzungen		61
Anhang B: Technische Parameter der geplanten WEA		62
Anhang C: Koordinaten		63
Anhang D: Variationsrechnungen		64

1 Zielsetzung

Status des Berichtes:

Der vorliegende Abschlussbericht fasst die bis zum Zeitpunkt des Berichtsdatums erarbeiteten Ergebnisse und Erkenntnisse zusammen.

Im Rahmen der Beauftragung zu TEATE-181/18 erfolgte die vollständige Analyse der Planung einschließlich der Variationsrechnungen zur Lösungsfindung gemäß der radartechnischen Kriterien.

Im Rahmen der beauftragten Ergänzung TEATE-457/19 erfolgt die Analyse weiterer Planungsänderungen auf der Grundlage eines geänderten Layouts.

Das vorliegende Dokument bewertet den möglichen technischen Einfluss dieser geänderten abschließenden Planung mit 17 geplanten Windenergieanlagen im Bereich Hilchenbach-Kirchhundem auf die Radarabdeckung des 3D-LV-Radars am Standort Erndtebrück. Geplant sind Anlagen vom neuen Typ Enercon E-138 EP3.

Die Distanz der Planung zum Radar Erndtebrück kann mit ca. 6-9 km angegeben werden. Dabei sind zusätzliche vorhandene WEA im gleichen Richtungsbezug zu berücksichtigen. Die Daten und Informationen der Windenergieanlagen bzgl. der Gondel- und Säulendimensionen sowie bzgl. der Rotorblätter wurden dem Verfasser des Gutachtens auf der Grundlage einer Vertraulichkeitserklärung vom Hersteller der Windenergieanlagen zur Verfügung gestellt.

Eine betriebliche Bewertung, die eine nichttechnische Folgenabschätzung für die Nutzer der Radarsysteme bedeutet, erfolgt im vorliegenden technischen Gutachten nicht.

1.1 Bewertung bzgl. des Radars Erndtebrück (3D-LV-Radar)

Berücksichtigt wurden hierbei insbesondere die Topografie und die exakten Höhenpositionen des Radarsystems sowie der geplanten Windenergieanlagen.

In der vorliegenden Untersuchung zum LV-Radar werden die technischen Betriebsparameter der Radarortungsanlage Erndtebrück, die einer Sicherheitseinstufung

unterliegen, zugrunde gelegt. Eine ausführliche Beschreibung der technischen Betriebsparameter und Aufgabenstellungen der Systeme erfolgt aus diesem Grund in den schriftlichen Unterlagen nicht. Der exakte Gerätetyp ist dem Gutachter bekannt, dieser wird, einem früheren Wunsch des Luftfahrtamtes der Bundeswehr folgend, im Gutachten jedoch nicht explizit genannt.

Die Beurteilung möglicher Störeinflüsse von Windenergieparks erfolgt grundsätzlich unter folgenden Kriterien für Radarsysteme:

- Messtechnisch feststellbare Radarverschattungen durch die geplanten WEAs
- Gerichtete Reflexionen
- Streufelderscheinungen, insbesondere infolge von Wechselwirkungen zwischen vorhandenen sowie geplanten Windenergieanlagen
- Bewertung der Streufeldintensität für einzelne WEAs als auch für mehrere WEAs unter Berücksichtigung deren Wechselwirkung
- Messtechnisch feststellbare Radarverschattungen durch die geplanten WEAs im Falle der notwendigen Berücksichtigung vorhandener räumlich vor- oder nachgelagerter WEAs im Hinblick auf 3D-Radarsysteme
- Konkrete Parameter des LV-Radarsystems: Antennenposition, Antennenhöhe, Azimutauflösung, Betriebsfrequenzbereich
- Anforderungen der DFS zur Vermeidung radarwirksamer Verschattungen bei Primärradaren

Berücksichtigt sind weiter die Referenzuntersuchungen gemäß Kapitel 3.2.

Die Bewertung der Ergebnisse zum radarwirksamen Verschattungseinfluss bei Luftverteidigungsradarsystemen erfolgt im Hinblick auf die Möglichkeiten einer messtechnischen Erfassbarkeit dieser Einflüsse. Grundlage sind die bisher vorliegenden messtechnischen Untersuchungen auf der Grundlage von bisher vorgelegten Random-Traffic-Aufzeichnungen sowie auf der Grundlage von Feldvermessungsberichten zu allen stationären LV-Radarstandorten der Bundeswehr. Eine Beurteilung, ob diese Einflüsse zu betrieblich relevanten Störungen der Radarortungsanlage führen, erfolgt im Rahmen dieser Untersuchung nicht, da hierzu u. a. eine sehr konkrete Bewertung der Aufgaben des Radarortungssystems erforderlich ist.

Dem Gutachten wurden die technischen Parameter des Radarsystems in Erndtebrück zugrunde gelegt. Für die im Gutachten betrachtete Frequenz von 3,1 GHz sowie den Antennenparametern wurden die Werte des Groundmaster 406 genutzt. Die Höhe der in den elektromagnetischen Analysen angenommenen Antennenunterkante beträgt 705,82 m ü. NHN.

Es sei darauf hingewiesen, dass eine Minderung der messtechnisch mit Hilfe von SASS-C (Software von EUROCONTROL zur Radardatenaufzeichnung und Analyse bzgl. Positionsgenauigkeit in Range und Azimut sowie bzgl. der Probability of Detection für PSR und SSR) ermittelbaren Entdeckungswahrscheinlichkeit zur Überprüfung von Radarverschattungen in der vorliegenden Untersuchung als nicht feststellbar erachtet wird, wenn die Reichweitenminderung geringer ist als der radiale Abstand bzw. Versatz zweier Rangefenster von 5 NM. Das ungestörte Feld dient dabei als Bezug. Die Radarreichweite ist dabei auf 100 % normiert. Die LFZ Position wird in ca. 130 NM angenommen. Eine messbare Beeinflussung liegt danach bei einer Reichweitenminderung auf unter 96,2 % vor.

Potentiell störrelevant sind im Standortbereich des geplanten Windparks neben der Säulen- und der Nabenkonstruktion die Rotorblätter. Radarwirksame Verschattungen können infolge zu geringer Distanzen zum Radaranlagenstandort vorliegen. Streufelder und gerichtete Reflexionen durch metallische Blitzschutzstrukturen bewirken darüber hinaus unter Umständen eine unzuverlässige bzw. ungenaue LFZ-Positionsbestimmung.

1.2 Zielsetzung

Es werden im Ergebnis Vorschläge formuliert und begründet, an welchen Orten zusätzliche Windenergieanlagen unter den genannten radartechnischen Kriterien als zulässig erachtet werden.

In diesem Zusammenhang sind verschiedene Variationsmöglichkeiten zum Projekt untersucht worden, siehe Anhang auf Seite 64.

Das Gutachten dient zur Vorlage und Entscheidungsgrundlage im Rahmen des Genehmigungsverfahrens bei dem zuständigen BAIUDBw – Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr – sowie der Luftwaffe als Betreiber der Radaranlage in Erndtebrück. Eine technische bzw. operationelle Bewertung der Radaranlage erfolgt nicht.

2 Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse

2.1 Radar Erndtebrück

Die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte abschließende Planungsvariante erfüllt die geforderten Kriterien bzgl. Verschattung und Reichweitenreduktion.

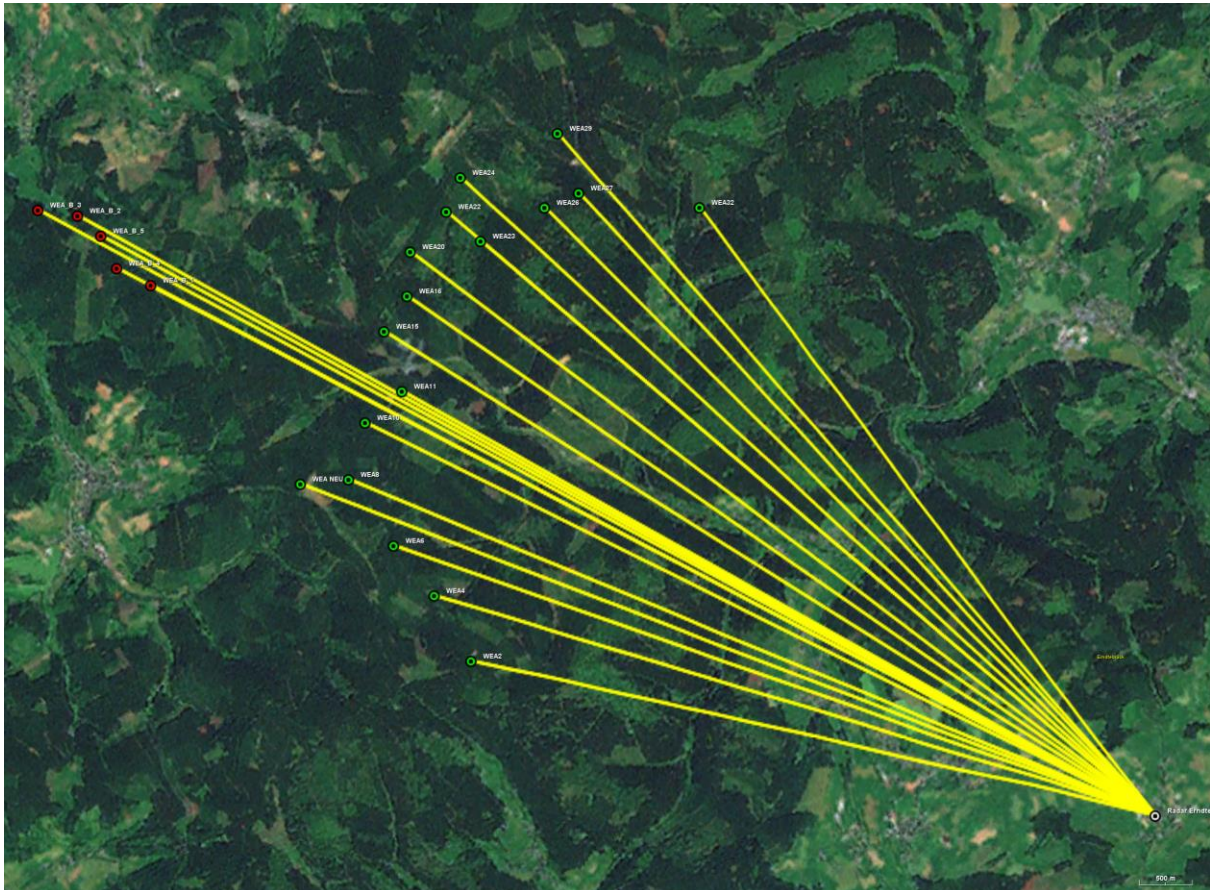


Abbildung 1: Grafische Übersicht auf die geplanten Anlagen (grün) sowie den Bestand (rot)

Die untersuchte WEA-Anordnung (siehe Tabelle18) stellt gemäß der vorliegenden Untersuchungsergebnisse eine für die Radaranlage Erndtebrück der bisherigen Betriebssituation gleichwertige Situation dar.

Bei der Realisierung des Planungsstandorts sind Ortsabweichungen gegenüber den Koordinaten gemäß Tabelle18 in der Größenordnung des Säulendurchmessers im unteren Höhenbereich von ca. 5,5 m ohne Einfluss auf die Ergebnisse in allen Richtungen zulässig. Ebenfalls zulässig ist die Planung mit geringeren Nabhöhen ohne nachteiligen Einfluss auf die Ergebnisse.

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 GmbH voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space GmbH, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen.

Für die Radaranlage Erndtebrück, die als 3D-Radaranlage zur Luftverteidigung dient, ergibt sich für keine der untersuchten WEA-Anordnungen eine messbare Minderung der Radarerfassung. Die Streufeldeinflüsse, bedingt durch die zukünftige Windparksituation mit den geplanten WEAs, weisen keine messbare Intensitätszunahme auf, infolge derer feststellbare Auswirkungen wie Zielerfassungsverluste oder Fehler bei Laufzeit- bzw. Distanzmessungen auf das Radarsystem zu erwarten sind. Eine messbare Störung des Radars Erndtebrück in der Planungssituation kann ausgeschlossen werden.

Die Auswertung der Ergebnisse basiert auf der Auswertung des vollständigen Empfangsfeldes im Raum oberhalb eines Elevationswinkels von $-0,3^\circ$ sowie in der vollständigen Azimutbreite der Empfangsantenne.

Die Auswertung erfolgt dabei unter der Annahme eines Luftfahrzeugs in einer Elevation von $-0,1^\circ$ bzw. 0° (abhängig vom Azimut: Azimut 282° - 310° : Elevation $-0,1^\circ$, Azimut 310° - 323° : Elevation 0°) gegenüber der Radarposition. Grundlage hierzu sind die Radarhorizontdiagramme in diesen Azimutrichtungen gemäß dem aktuellen vorliegenden Feldvermessungsbericht zum Standort ARED Erndtebrück vom Februar 2015 zum Radarhorizont.

In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass Untersuchungen bei 3D-Radarsystemen nur unter Berücksichtigung der Topografie sowie der Höhenposition der Radarantenne und der WEA eine Aussage zu Reichweitenänderungen ermöglichen und die hier vorgestellten Ergebnisse nur für die betrachteten Standorte gemäß Tabelle 18 gültig sind.

Auf der Grundlage der vorgenannten Feststellungen und unter Beachtung der Empfehlung werden die geplanten WEA-Typen E 138 EP 3 radartechnisch an den geplanten Standorten sowie in der vorgesehenen angegebenen Bauhöhe (vgl. Tabelle 18 sowie Anhang auf Seite 63) als radartechnisch vertretbar und somit als zulässig erachtet.

Die Ergebnisse sind auf andere WEA-Typen übertragbar, sofern identische oder kleinere Gondel-/Nabendimensionen bei gleicher oder niedriger Nabenhöhe gegeben sind.

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 GmbH voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space GmbH, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen.

Hinweis:

Sämtliche Ergebnisse sind unter den für die untersuchten WEA-Standorte angegebenen Randbedingungen gültig. Ein Übertrag der Ergebnisse auf andere Windenergieanlagen oder auf andere Standorte ist nur mit Einschränkungen möglich. Bei Änderungen der WEA-Konstruktionen oder bei abweichenden Geländeprofilen verlieren die ermittelten Ergebnisse ihre Gültigkeit.

Alle Untersuchungen, wie theoretische Analysen, Berechnungen und messtechnische Untersuchungen, wurden durch den Unterzeichner persönlich überwacht bzw. durchgeführt. Der Schwerpunkt der Unterstützung durch Dipl. Math. O. Stelzner liegt in der Durchführung der Simulationsverfahren nach festgelegten Prozessen.

Alle genutzten Hilfsmittel sind Eigentum der Airbus Defence and Space GmbH, Betriebsstätte Bremen. Sie entsprechen dem aktuellen Stand der Wissenschaft, der Lehre und den Erfahrungen der Praxis.

Dr.-Ing. A. Frye, 08.01.2020

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Hochfrequenz- und Signaturtechnik

3 Untersuchung bzgl. Radar Erndtebrück

3.1 Aufgabenbeschreibung

Nordwestlich des Radarstandortes Erndtebrück ist in einer Distanz von ca. 6-9 km Entfernung die Errichtung von 17 Windenergieanlagen vorgesehen. Geplant sind Anlagen vom Typ Enercon E-138 EP3.

Außer den im Gutachten genannten Bestands- und Planungsanlagen im Richtungsbezug zwischen dem Radarstandort und dem Projekt im dargestellten Gebiet sind keine weiteren Bestandsanlagen vorhanden. Dieser Sachverhalt wurde überprüft mittels aktueller Luftaufnahmen, aktueller Überprüfungen des Auftraggebers und aktueller Informationen aus anderen Projekten. Sofern Bestandsanlagen ggf. zum Rückbau vorgesehen, der Rückbaustatus jedoch unklar sind, werden diese WEA als Bestandsanlagen berücksichtigt.

Geplante Anlagen:

Die technischen Parameter der geplanten Anlagen sind im Anhang auf Seite 62 aufgeführt. Die ermittelten Ergebnisse in diesem Gutachten behalten auch bei einem ggf. kleineren Rotordurchmesser ihre Gültigkeit.

Für die Rotorblätter der geplanten Anlagen wird von einem Blitzschutzkonzept ausgegangen, das ein Leiterband bzw. eine axial geführte Leiterschiene im Rotorblatt sowie metallische Rezeptoren u. a. im Bereich der Blattspitze vorsieht. Gemäß durchgeführter messtechnischer Untersuchungen im Zusammenhang mit anderen Projekten konnte nachgewiesen werden, dass ein derartiges Blitzschutzkonzept ein geringeres radartechnisches Störpotential zeigt als äußere metallische Kantenprofile, insbesondere eine geringere Streufeldintensität infolge eines geringeren Metallanteils im Rotorblatt.

Die Distanzen zwischen dem Radar und der Anordnung der Windenergieanlagen werden mittels einer präzisen Berechnungsmethodik bestimmt, welche die Geodäten auf Basis des Referenzellipsoids WGS84 berechnet und ein detailliertes Geländeoberflächenprofil zwischen dem Radar und den Windenergieanlagen berücksichtigt.

Die Abweichungen gegenüber der Realität betragen bei diesem Verfahren für die untersuchten Entfernungen nur noch wenige Dezimeter. Bei diesem Verfahren wird der Einfluss durch die sich ergebende Erdkrümmung mit berücksichtigt.

Das Ausmaß der möglichen Einflüsse durch Rotorblätter wird im Folgenden für ein Blitzschutzkonzept berücksichtigt, das einen axial verlaufenden Leiter vorsieht.

Ziel dieser Untersuchung ist es, unter den Kriterien, die in den nachstehenden Kapiteln genannt sind, eine Aussage über die durch die geplanten WEA erzeugten und zu erwartenden radarverschattungswirksamen Störeinflüsse und daraus folgender Reichweitenminderungen zu erarbeiten und, soweit erforderlich, Maßnahmen zu deren Beseitigung und deren Wirksamkeit aufzuzeigen.

3.2 Referenzuntersuchung

Die vorliegende Untersuchung berücksichtigt neben den durchgeführten Simulationsrechnungen zusätzlich Erkenntnisse aus rechnergestützten und messtechnischen Analysen von anderen Windkraftvorhaben im Nahbereich unterschiedlichster Radarortungssysteme. Der Schwerpunkt der vorliegenden messtechnischen Grundlagen und Referenzen bezieht sich auf 3D-Radarsysteme zur Luftverteidigung. Bei der Modellierung sowie der rechnergestützten Strahlungsfeldanalyse der vorliegenden WEA-Anordnung wurden die gleichen Verfahren aus den nachstehend genannten Vorhaben in weiterentwickelter Version genutzt.

Grundlagen dieser Untersuchungen sind u. a.:

- 1) Computergestützte Strahlungsfeldanalysen der DASA/EADS zur Beurteilung der Einflüsse einzelner Windkraftanlagen im Nahbereich des militärischen Radarsensors Auenhausen/NRW. Die Resultate wurden in einem Bericht vom September 1998 zusammengefasst.
- 2) Flugvermessungen zur Verschattungswirkung von Windkraftanlagen im Nahbereich des Radarsensors Auenhausen im Jahr 1996.
- 3) Technische Vorgaben der Bundeswehr an die Untersuchung von Windenergieanlagen zum Radarsensor Brockzetel vom September 1998.
- 4) Durchgeführte computergestützte Strahlungsfeldanalyse der DASA/EADS zur Beurteilung der Einflüsse einzelner Windkraftanlagen mit Nabenhöhen von 98 m über Grund. Dabei wurden gezielt unterschiedliche Distanzen zu einer Radarortungsanlage bewertet. Die Resultate wurden in einem Bericht vom Januar 1999 zusammengefasst. Die gewählten Modellparameter bei der Nachbildung dieser Windenergieanlagen entsprechen den Parametern der Untersuchungen nach a und b zu Auenhausen, da hierbei jeweils eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den computergestützten Strahlungsfeldanalysen sowie den Flugvermessungen festgestellt wurde.

- 5) Durchgeführte Flugvermessungen zum Radarsensor Brockzetel/Niedersachsen vom April 1999.
- 6) Computergestützte Strahlungsfeldanalysen der DASA im Rahmen einer Machbarkeitsanalyse für ein Aufstellungskonzept eines Windenergieparks. Die Resultate zu radartechnisch möglichen Anordnungen einer größeren Anzahl von Windenergieanlagen im Nahbereich des Radarsensors Brockzetel wurden dabei in einem Bericht im Mai 1999 zusammengefasst.
- 7) Interpretation und Beteiligung an der Auswertung von Flugvermessungen im Rahmen der „Arbeitsgruppe Messtechnik“ – 1999 bis 2003 – unter Leitung des Luftwaffenführungskommandos.
- 8) Computergestützte Feldanalysen der EADS in Abstimmung mit der Erprobungsstelle WTD 81 der Bundeswehr in Greding zur Beurteilung des Einflusses von Windenergieanlagen bei unterschiedlichen Radarbetriebsfrequenzen im Jahr 2003.
- 9) Untersuchung von Windenergieanlagen-Anordnungen im Einflussbereich/Arbeitsbereich von Luftverteidigungsanlagen der Typen MPR, HADR und RRP 117 mit unterschiedlichen Frequenzen in den Jahren 2002 bis 2005.
- 10) Untersuchung von WEA Anordnungen in großer Distanz sowie deren Einfluss auf Luftverteidigungsradaranlagen des Typs HADR und Vergleich mit Flugverkehrsaufzeichnungen in den Jahren 2008 und 2009.
- 11) Report DoD USA „ THE EFFECES OF WIND TURBINE FARMS ON MILITARY READINESS 2006“.
- 12) Eurocontrol “ Guidelines from Wind turbine task force “ Version 1.2
- 13) ICAO EUR Doc. 15 2nd Edition, September 2009 und neuere Ausfertigungen.
- 14) ICAO – Doc 8071 – Manual on Testing of Radio Navigation Aids; Vol. III.
- 15) Präsentation "Beurteilung von WEA, Version 1.2 " des Kdo LRÜ vom 22.03.2011

- 16) Messtechnische Untersuchung durch EADS an Rotorblättern und Bauweisen im Auftrag eines Windenergieanlagen-Herstellers zur Ermittlung von reflexionsdämpfenden Möglichkeiten aus 2003
- 17) Messtechnische RQS-Untersuchung einer WEA vom Typ Enercon E66 durch Fa. Qinetiq, Großbritannien aus 2003
- 18) Sondervermessung des Radars Auenhausen zum Einfluss von Windenergieanlagen – nicht öffentlich - im Auftrag des Einsatzführungsdienstes der Luftwaffe, Ausfertigung Januar 2013
- 19) Bericht zur Feldvermessungen des GM 406 F zur Lage und Radarsicht des Standortes Erndtebrück, Bericht Februar 2015

3.3 Untersuchungsverfahren

Das eingesetzte numerische Untersuchungsverfahren zur Strahlungsfeldanalyse im Raum basiert bzgl. der Nachbildung der Windenergieanlagen als 3D-CAD-Objekte auf dem mathematischen Verfahren der Momentenmethode.

Bei den Untersuchungen der Einflüsse auf die Reichweite des Radarsystems, die radarwirksamen Abschattungswirkungen, sowie der Wechselwirkungen der Windenergieanlagen untereinander, wurden die Feldberechnungen im dreidimensionalen Raum bei jeder einzelnen Konfiguration einer Windenergieanlage oder einer Gruppe von Windenergieanlagen für verschiedene Raumgebiete sowie unterschiedliche Höhen durchgeführt. Dabei wird die Höhe, bzw. der Elevationswinkel des LFZ im Luftraum in großer Distanz variiert. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Schwerpunkt auf einen sehr niedrigen Elevationswinkel (Höhenwinkel) von 0° bzw. $-0,1^\circ$ (abhängig vom Azimut: Azimut 282° - 310° : Elevation $-0,1^\circ$, Azimut 310° - 323° : Elevation 0°) gelegt. Die Ergebnisse der Feldverteilung bzw. der Feldintensitäten liegen somit im dreidimensionalen Raum vor.

Die Objektstrukturen der untersuchten Bauwerke, wie WEA, Strommasten oder anderen Hochbauten werden dabei in der Gesamtheit zusammen mit ggf. vorhandenen Geländestrukturen in diesem Bereich erfasst. Die Darstellung der Ergebnisse in den Abbildungen beschränkt sich im vorliegenden Gutachten auf die leicht geneigte Analyseebene zwischen dem LFZ und der Radarantenne derart, dass der Höhenbereich der Gondeln, d. h. der Bereich, in dem die intensivsten Störungen hervorgerufen werden können, dargestellt wird.

Grundsätzlich wird bei den numerischen Analysen als Worst-Case-Ansatz das Raumgebiet der Gondel zusammen mit dem Turm als verschattungsrelevante Objektstruktur nachgebildet, die sich im Falle einer vollständigen Rotation ergibt. Damit sind zusätzlich die ungünstigsten Randbedingungen, die sich bei wechselnden Windrichtungen und verschiedenen Gondelorientierungen ergeben können, berücksichtigt.

Das elektromagnetische Strahlungsfeld wird im gesamten Entfernungs- und Raumbereich zwischen dem LFZ und der Radarortungsanlage berechnet. Für jede einzelne Analyse wird auf dieser Grundlage die Intensitätsverteilung des Feldes in einem 400 m breiten und einem viele Kilometer langen Feldgebiet entlang einer Verbindungsebene, ausgehend von der LFZ-Position bis zur Radarortungsanlage, dargestellt. Dieses Feldgebiet stellt somit den letzten Streckenabschnitt der vom LFZ reflektierten Radarwelle dar. In den Abbildungen sind somit die Feldstärkeverteilungen der letzten Kilometer mit der Radarortungsanlage als Zielpunkt angegeben.

Das Raumgebiet um das Radarsystem wird mit unterschiedlichen Feldpunktdichten analysiert, um eine gesicherte Datenbasis für die Beurteilung der zu erwartenden Einflüsse auf die Empfangsfeldstärke zu haben.

Grundsätzlich wird bei den Feldberechnungen eine normierte elektrische Feldstärke bei Annahme vertikaler Polarisation ausgewiesen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt durch als Farbflächen gekennzeichnete Feldstärkeverteilungen sowie durch 3D-Konturdarstellungen, die die räumliche Ausdehnung des Streufeldes in der direkten Umgebung der streuenden Struktur der Windenergieanlage deutlich machen.

Ein Einfluss auf die Radarortungssysteme wird als messtechnisch mit z. B. SASS-C (vgl. Anhang A) nachweisbar beurteilt, wenn die Feldstärkeminderungen am Ort der Empfangsantenne zu einer Reichweitenminderung auf 96,2 % oder weniger gegenüber dem ungestörten Fall (100 %) führen. Die Beurteilung von messbaren Reflexions- und Streufeldeinflüssen orientiert sich an Änderungen der Empfangsfeldstärke, die eine gleiche Größenordnung erreichen.

Eine Bewertung, ob die messbaren Einflüsse eine Beeinträchtigung des Betriebes des Radarortungsverfahrens bedeuten, erfolgt im Rahmen dieser Untersuchung nicht.

Für die aktuelle Untersuchung zu diesem Projekt werden die Distanzen zum Radar und die Anordnungen der Windenergieanlagen mittels einer präzisen Berechnungsmethodik bestimmt, welche die Geodäten auf Basis des Referenzellipsoids WGS84 berechnet und eine detaillierte Geländeoberfläche zwischen dem Radar und den

Windenergieanlagen berücksichtigt. Die Abweichungen betragen bei diesem Verfahren für die untersuchten Entfernungen nur noch wenige Dezimeter. Bei diesem Verfahren wird ebenfalls der Einfluss durch die sich ergebende Erdkrümmung mit berücksichtigt.

Anmerkung:

Bei trockenen Wetterverhältnissen werden sich um ca. 3 bis 5 dB geringere Reflexionsintensitäten der WEA- Rotorblätter einstellen, die eine geringere Streufeldintensität erwarten lassen. Dieser Zusammenhang hat jedoch keinen messbaren Einfluss auf das Ausbreitungsfeld jenseits der WEA.

Im Falle ggf. unbekannter Daten von Anlagentypen, insbesondere bei Bestandsanlagen, wurde entweder der nächstgrößere Anlagentyp der Baureihe verwendet, falls vorhanden, oder es wurden die Daten eines ähnlichen Modells berücksichtigt, stets unter Berücksichtigung des Worst-Case-Prinzips.

3.4 Technische Analyse für das 3D-LV-Radar Erndtebrück

Die Analyseergebnisse zeigen als Grundsatzbetrachtung auf der Grundlage von Ausbreitungsrechnungen im Betriebsfrequenzbereich von ca. 3,1 GHz die durch Windenergieanlagen verursachten Streufeldeinflüsse sowie radarwirksame Verschattungen und den Einfluss auf mögliche Reichweitenminderungen.

Die nachstehenden Untersuchungen zur Beurteilung des Einflusses von WEAs auf das Radarstrahlungsfeld wurden unter Berücksichtigung der Generatorbauform, den vorhandenen Blitzschutzkonzepten, der Säulendimensionierung und den Nabenhöhen sowie für Teilanordnungen – Teilrichtungen - der WEA-Gruppierung mit den stärksten radialen Verdichtungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind damit übertragbar auf die gesamte Planung. Ein geringfügig größerer Rotordurchmesser bis 3 m bewirkt keine Abweichungen von den nachfolgenden Analyseergebnissen.

Notwendig ist die Analyse in verschiedenen Teilrichtungen, da die Radaranlage bei der Abtastung des Luftraums nicht alle WEA des genannten Projekts zeitgleich erfasst. Daher werden unter Berücksichtigung der Antennen- und Systemparameter verschiedene Teilrichtungen nacheinander geprüft.

Anlagen, die aufgrund topologischer Verschattung nicht vom Radar erfasst werden, wurden in der Analyse entsprechend nicht berücksichtigt.

Diese Ergebnisse basieren auf einem statischen Modell, das die Windenergieanlagen in ihrer Gesamthöhe inkl. Rotor berücksichtigt. Als Worst-Case-Annahme wird dabei die Kombination aus quer gestellter Gondeldimension und einer Rotororientierung gewählt, bei der die Rotorachse auf den Radarsensor zeigt.

Grundlage der vorliegenden Analysen ist eine angenommene Antennencharakteristik mit einer bzgl. der Elevation zwischen 0° und ca. 30° isotropen bzgl. der Intensität gleichförmigen Abstrahlung. Der untere Diagrammeinzug wird mit -20 dB für -10° angegeben.

Zur Absicherung der Nachweisführungen zur gutachterlich empfohlenen WEA-Anordnung, für die eine ausreichend geringe, messtechnisch nicht feststellbare

Beeinflussung gegeben ist, wurden ggf. verschiedene Variationsrechnungen durchgeführt. Diese möglichen Variationen sind im Anhang auf Seite 63 aufgeführt.

3.5 Randbedingungen für Analysen zu einem 3D-LV-Radar

In früheren Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, welche räumliche Ausdehnung das Streufeld einer Windenergieanlage typischerweise hat. Sie zeigen, dass sich das Strahlungsfeld in großen Distanzen hinter einer verschattenden Windenergieanlage rekonstruiert. Bei der Beurteilung der Feldstärkeminderung ist daher zwischen dem Primärpfad vom Radarsystem zum Luftfahrzeug und dem Sekundärpfad des Signals vom reflektierenden Luftfahrzeug zurück zum Radarsystem zu unterscheiden. Die Ursache von möglichen Reichweitenreduktionen ist im vorliegenden Fall der durch die Windenergieanlage hervorgerufene Verschattungseinfluss im Sekundärpfad, bzw. die von der Windenergieanlage in Richtung Radaranlage zeigende Verschattungswirkung.

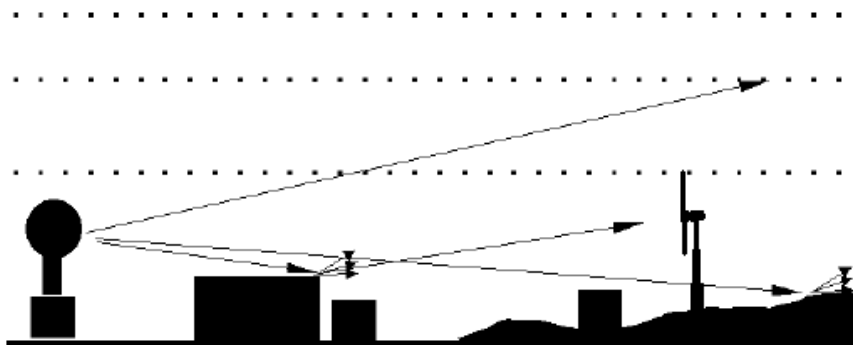


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Primärpfads. Die Ausbreitungsrichtung des Signals verläuft vom Radarsystem zum LFZ.

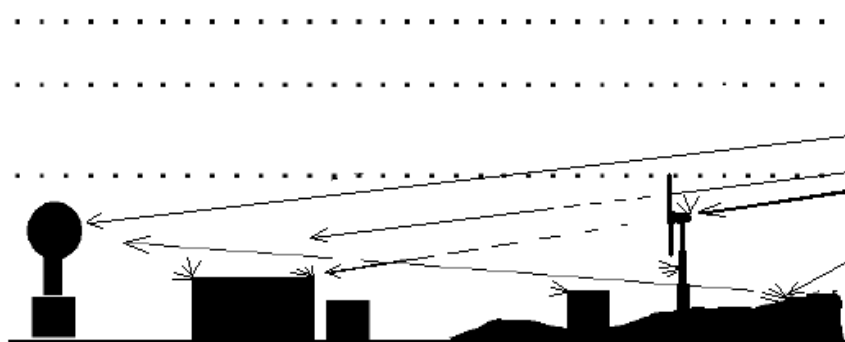


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Sekundärpfads. Die Ausbreitungsrichtung des Signals verläuft vom LFZ zum Radarsystem.

Die Bewertung der Ergebnisse zur Verschattung erfolgt im Hinblick auf die Möglichkeiten einer messtechnischen Erfassbarkeit dieser Einflüsse. Eine Beurteilung, ob

diese Einflüsse zu betrieblich relevanten Störungen der Radarortungsanlage führen, erfolgt im Rahmen dieser Untersuchung nicht, da hierzu u. a. eine sehr konkrete Bewertung der Aufgaben des Radarortungssystems erforderlich ist.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass eine Minderung der messtechnisch mit Hilfe von z. B. RASS oder SASS-C ermittelbaren Entdeckungswahrscheinlichkeit zur Überprüfung von Radarverschattungen in der vorliegenden Untersuchung als nicht feststellbar erachtet wird, wenn die Reichweitenminderung geringer ist als der radiale Abstand bzw. Versatz zweier Rangefenster von ca. 5 NM. Das ungestörte Feld dient dabei als Bezug. Die Radarreichweite ist dabei auf 100 % normiert. Die LFZ-Position wird in 130 NM angenommen. Eine messbare Beeinflussung liegt danach bei einer Reichweitenminderung auf unter 96,2 % vor. Dieser Wert wird nachstehend als Entscheidungskriterium herangezogen.

Die Auswirkung durch eine oder mehrere Windenergieanlagen wird im dreidimensionalen Raum ermittelt.

3.5.1 Bewertung der WEA-Objektstruktur gegenüber den Bewertungskriterien zu einem 3D-LV-Radar

Abhängig von der statischen verschattungswirksamen WEA-Objektstruktur ergeben sich bei der Bewertung von einzelnen WEA Mindestabstände, die gegenüber der Position der Radaranlage erfüllt sein müssen, um messbare Reichweitenminderungen sicher ausschließen zu können.

Sofern diese Mindestabstände erfüllt sind, ergibt sich die Notwendigkeit der Prüfung der seitlichen Separationsabstände bei mehreren benachbarten WEA in ähnlicher Distanz. Diese sind von mehreren Parametern abhängig.

Die jeweilige einzelne statische radarwirksame WEA-Silhouette wird bestimmt durch

- die Betriebsfrequenz des Radarsystems
- die azimutale Ausdehnung der Sende- bzw. Empfangskeule

- die individuelle Geländehöhe der WEA-Standorte relativ zur Antennenposition
- das individuelle Turmprofil relativ zur Antennenposition
- insbesondere bei größeren Distanzen die Erdkrümmung unter den Bedingungen der elektromagnetischen Ausbreitung im Hochfrequenzfeld.

Abhängig von der Distanz zum Radarstandort wird hierzu im Rahmen einer ersten geometrischen Bewertung eine Planungsempfehlung von 1° bei moderaten Entfernungen bis ca. 15..20 km – abhängig von der WEA Dimension - sowie von $0,3^\circ$ bei größeren Entfernungen gegeben. Diese Empfehlung ist eine „Worst-Case“-Bewertung, bei der Wechselwirkungen zwischen benachbarten WEA sicher ausgeschlossen werden können, die einen Einfluss auf die Reichweite des Radarsystems haben können.

Eine Detailanalyse zur elektromagnetischen Ausbreitung unter Berücksichtigung aller Randbedingungen sowie im Abgleich mit ausgewertete Messdaten können im Einzelfall geringere Separationsabstände als zulässig nachweisen, insbesondere bei größeren Distanzen als 15 km zum Radarstandort.

Für die Bewertung der zulässigen Mindestdistanz einer WEA relativ zur Radarposition kann eine Detailanalyse unter Berücksichtigung der Topografie sowie der WEA-Silhouette ebenfalls Abweichungen zur „Worst-Case“-Bewertung als zulässig nachweisen.

Die Randbedingungen der Topografie im Planungsvorhaben Hilchenbach sind nachstehend unter Berücksichtigung der besonderen topografischen Umstände sowie der hier zugrunde gelegten modernen WEA-Objektstruktur der Enercon E-138 E3 für den geplanten WEA Standort 2 – E-138 E3 mit 130,53 m Nabenhöhe - dargelegt.

Zur Objektstruktur der WEA E-138 EP3 im Kompaktdesign:

Die Bewertung der Mindestabstände für sehr große WEA-Strukturen basiert für WEA mit Rotordimensionen von mehr als 120 m auf Grundlage einer früheren E-126 im konventionellen Gondeldesign.

Die aktuelle E-138 EP3 ist dagegen durch eine deutlich schmalere radarwirksame Kompaktdesign-Silhouette gekennzeichnet. Die nachstehende Abbildung 4 zeigt diese Objektstrukturen im direkten maßstäblichen Vergleich. Die Abbildung 9 gibt die konkreten Dimensionen dieses Kompaktdesigns in Meter an.

Die verschattungswirksame maximale Aspektfläche der Gondelsilhouette reduziert sich daher von bisher ca. 271 qm – für die alte E-126 - auf nunmehr ca. 132 qm um 50%.

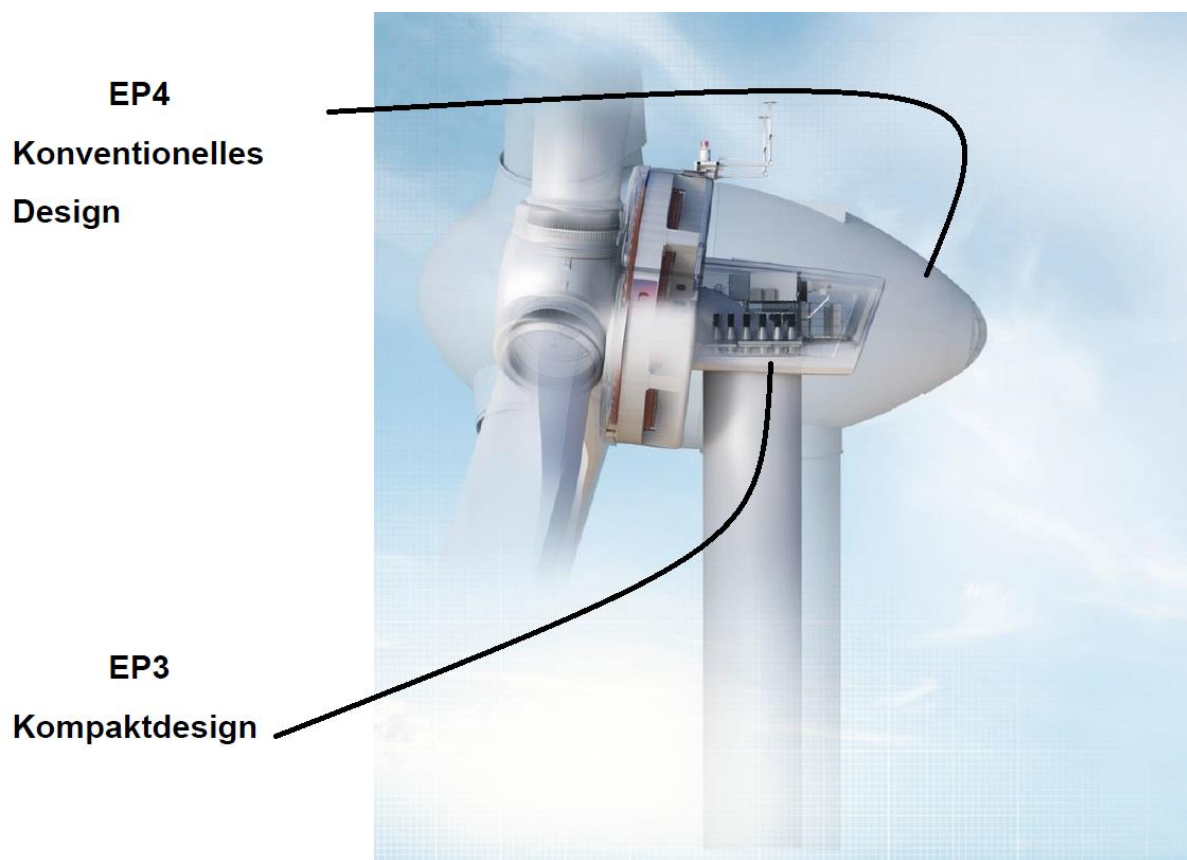


Abbildung 4: Vergleichende schematische Darstellung der Dimensionen der früheren E-126 gegenüber der modernen E-138 EP3 im Rahmen des Projektes Hilchenbach (Auszug aus Quelle: Fa. Enercon/ WRD).

Zum Einfluss der Topografie im Hinblick auf die Bewertung der verschattungswirksamen WEA-Objektstruktur gegenüber der Radarantenne:

Für den WEA-Standort 2 mit der geringsten Distanz zum Radarsensor von 6611,48 m aus der Gesamtplanung ergeben sich in der Ebene ohne Berücksichtigung der Topografie sowie vor Ort unter Berücksichtigung der lokalen Topografie die verschiedenen Höhenbezüge gemäß Tabelle 1.

Diese Tabelle 1 zeigt im Vergleich die Höhenposition der WEA 2 als E-138 mit angenommenen 130,53 m Nabenhöhe gegenüber der Radarantenne, die auf einem 23,3 m hohen Turm angenommen ist,

- für die Ebene ohne Topografie, wie im Kriterienkatalog angenommen, und
- für die örtliche Topografie, die für den Standort 2 gegeben ist.

Für eine von der Radarantennenposition ausgehende Bezugshöhe bei 0° Elevation ergibt sich im Flachland ein Höhenpunkt an der WEA von 23,4 m. Diese Höhe wird von der WEA mit 130,53 m Nabenhöhe um 110,3 m zzgl. Rotorblattlänge deutlich überragt. Daher wäre diese WEA in der Ebene aufgrund der geringen Distanz von 6,6 km aus Verschattungsgründen nicht zustimmungsfähig.

Für eine von der Radarantennenposition ausgehende Bezugshöhe bei 0,2° Elevation ergibt sich im Flachland ein Höhenpunkt an der WEA von 23,4 m. Diese Höhe wird von der WEA mit 130,53 m Nabenhöhe um 87,31 m zzgl. Rotorblattlänge deutlich überragt. Diese WEA wäre in der Ebene aufgrund der geringen Distanz von 6,6 km aus Verschattungsgründen nur zustimmungsfähig, wenn diese WEA mit einer relativen Nabenhöhe von 87,31 m eine hinreichend schmale Turm- und Gondelsilhouette zeigen würde.

Für eine von der Radarantennenposition ausgehende Bezugshöhe bei 0° Elevation ergibt sich bei der örtlichen Topografie ein Höhenpunkt an der WEA 2 von 83,3 m. Diese Höhe wird von der WEA mit 130,5 m Nabenhöhe um 50,4 m zzgl. Rotorblattlänge überragt. Daher wäre diese WEA mit einer relativen wirksamen Nabenhöhe von 70,5 m, entsprechend einer Radarturmhöhe mit 23,3 m zzgl. 47,2 m, bei der

Distanz von 6,6 km aus Verschattungsgründen zustimmungsfähig, wenn diese WEA eine hinreichend schmale Turm- und Gondelsilhouette, wie z.B. eine E-70 oder E-82 auf einem 70,5 m Turm zeigt.

Für eine von der Radarantennenposition ausgehende Bezugshöhe bei 0,2° Elevation ergibt sich bei der örtlichen Topografie ein Höhenpunkt an der WEA von 106,4 m. Diese Höhe wird von der WEA mit 130,5 m Nabenhöhe um ca. 30,6 m zzgl. Rotorblattlänge überragt. Daher wäre diese WEA mit einer relativen wirksamen Nabenhöhe von 70,5 m, entsprechend einer Radarturmhöhe mit 23,3 m zzgl. 27,4 m, bei der Distanz von 6,6 km aus Verschattungsgründen zustimmungsfähig, wenn diese WEA eine hinreichend schmale Turm- und Gondelsilhouette, wie z. B. eine E-70 oder E-82 auf einem 70,5 m Turm zeigt.

Die entsprechenden maßstäblichen höhentreuen 3-D-Darstellungen sind in den Abbildung 7 bis 10 angegeben.

Anordnung	Vgl. Abbildung	Höhenpunkt an der WEA 2 [m über Grund]	Höhe an der WEA [m NN]	Höhe unterhalb der Gondel [m]
Flachland für EI 0,0°	Abbildung 4 [maßstäblich]	23,4	23,4	107,1
Flachland für EI 0,2°	Abbildung 5 [maßstäblich]	46,43	46,43	84,1
mit Topografie für EI 0,0°	Abbildung 6 [maßstäblich]	83,3	709,1	47,2
mit Topografie für EI 0,2°	Abbildung 7 [maßstäblich]	106,4	732,2	24,2

Tabelle 1: Vergleich der Erfassungshöhen für 0,0° und 0,2° Elevation für die WEA 2 mit 130,5 m NH relativ zur Radarantenne auf einer angenommenen Turmhöhe mit 23,3 m



Abbildung 5: Schematische, maßstäbliche Darstellung des Höhenbezuges gegenüber der Radarantenne ohne Topografie für 0° Elevation



Abbildung 6: Schematische, maßstäbliche Darstellung des Höhenbezuges gegenüber der Radarantenne ohne Topografie für 0,2° Elevation

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 GmbH voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space GmbH, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen.



Abbildung 7: Schematische, maßstäbliche Darstellung des Höhenbezuges gegenüber der Radarantenne für die örtliche Topografie für 0° Elevation



Abbildung 8: Schematische, maßstäbliche Darstellung des Höhenbezuges gegenüber der Radarantenne für die örtliche Topografie für 0,2° Elevation

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 GmbH voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space GmbH, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen.

3.6 Analyse für $-0,1^\circ$ bzw. 0° Elevation (abhängig vom Azimut)

3.6.1 Randbedingungen für diese Aufgabenstellung

Abbildung 9 gibt die untersuchte Kubatur der Naben- und Generatorbauform wieder. Die Abmessungen der nachgebildeten Generatorgondel sowie die Durchmesser des jeweiligen oberen Säulenanschlusses sind angegeben.

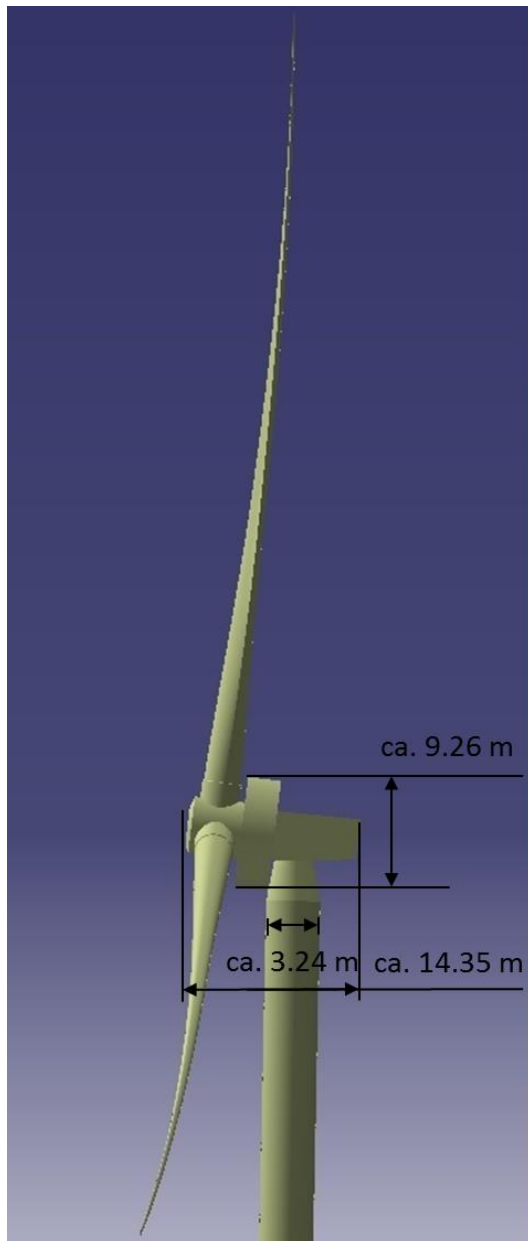


Abbildung 9: Schematische Objektgeometrie für die geplante WEA-Bauform Enercon E-138 EP3 mit ca. 138 m Rotor, wie für die Analysen berücksichtigt

Die nachstehende Abbildung bietet eine Übersicht des erstellten 3D-CAD-Datensatzmodells für die geplanten Windenergieanlagenstandorte in der Übersicht und aus der Perspektive der Radaranlage Erndtebrück, stets in Kombination von frei verfügbaren Luftbildern, die auf den Radarrhöhendatensatz projiziert wurden.

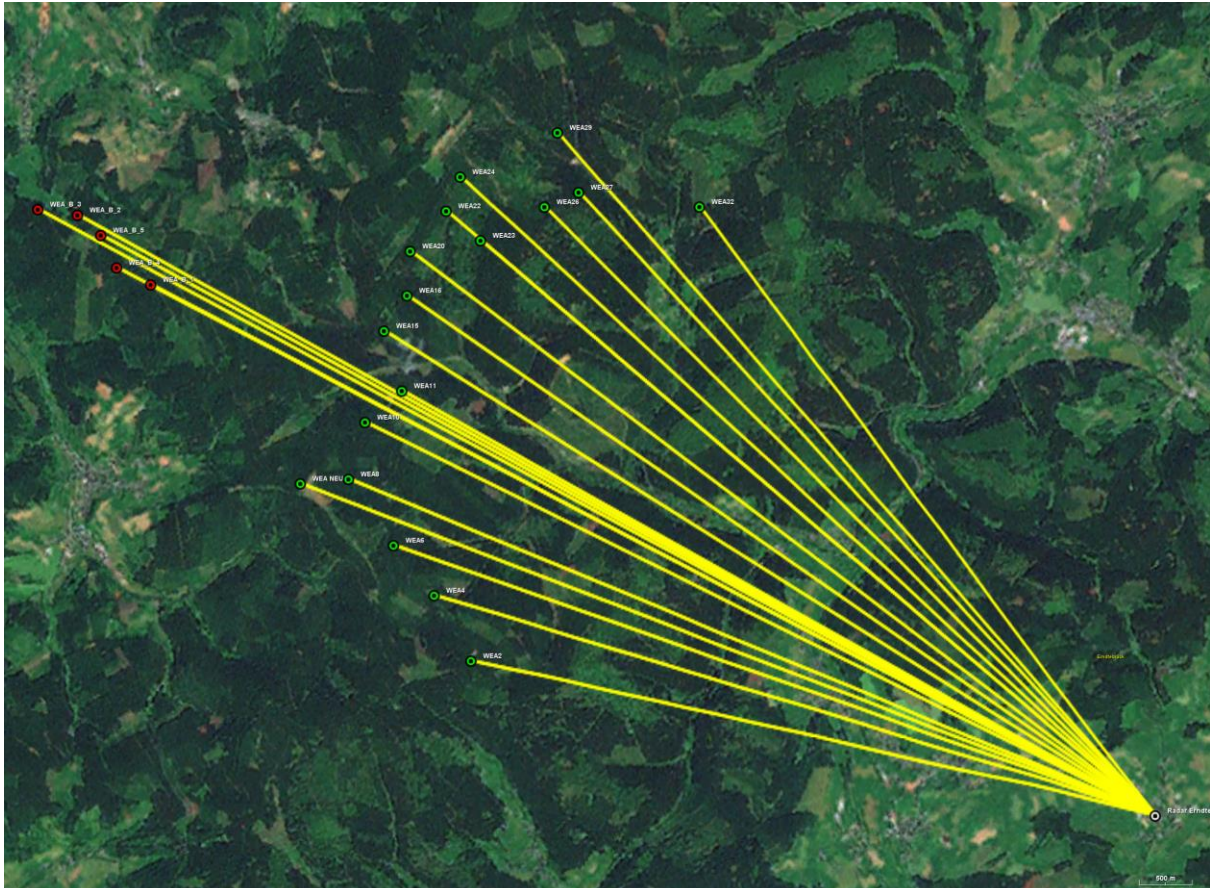


Abbildung 10: Übersicht der Standorte der geplanten, grün gekennzeichneten Planungsanlagen sowie der rot gekennzeichneten Bestandsanlagen. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Erndtebrück sind gelb gekennzeichnet.

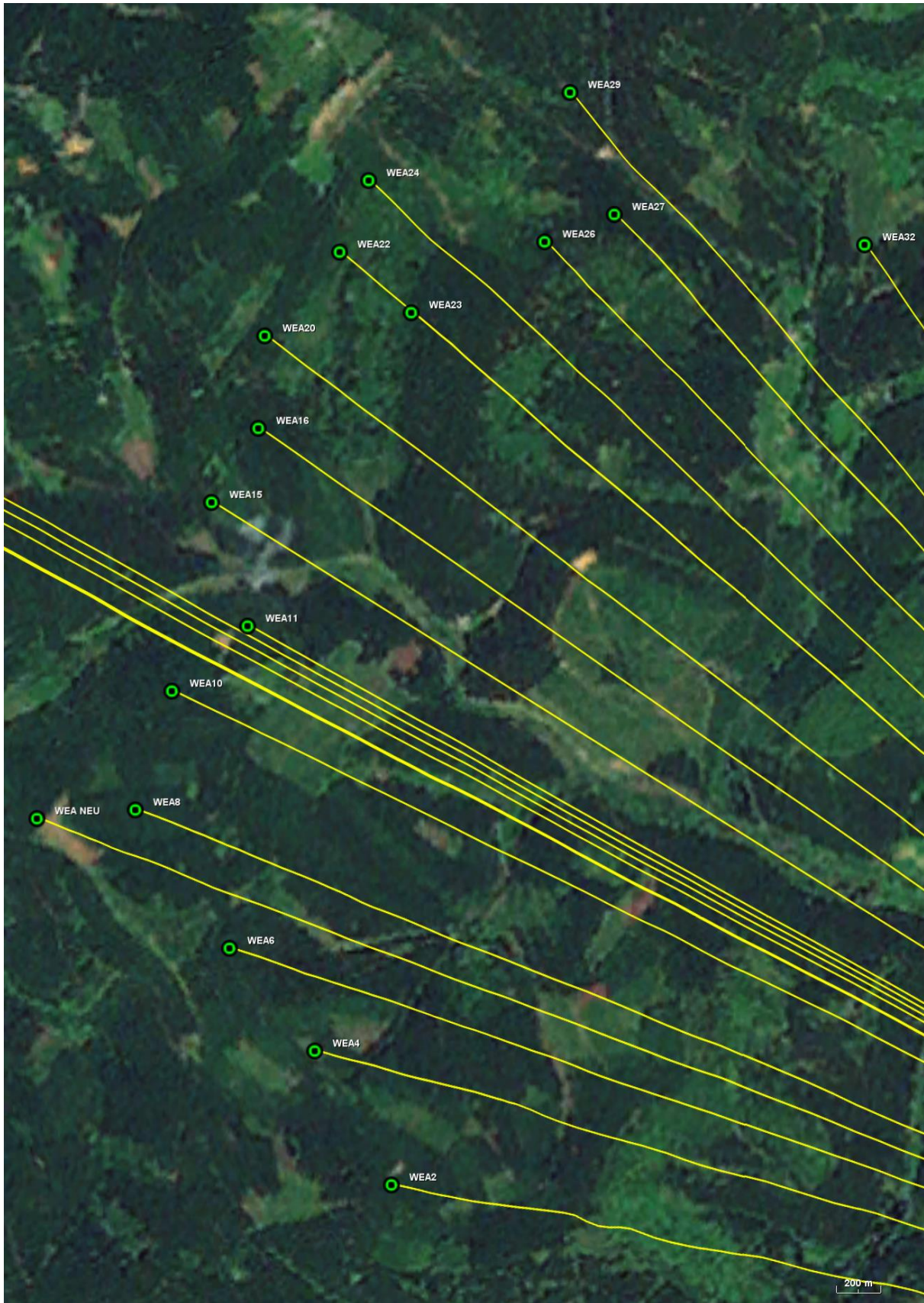


Abbildung 11: Luftaufnahme der Standorte der geplanten, grün gekennzeichneten Planungsanlagen

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 GmbH voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space GmbH, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen.

Die nachstehende Abbildung 12 stellt schematisch einen zweidimensionalen Flächenausschnitt dar, der unter einem Elevationswinkel vom Luftfahrzeug herunter bis zur exakten Höhenposition der Radarantenne zeigt. Als Höhenposition am Ort der Radarortungsanlage wird die Unterkante der Radarantenne gewählt. Alle Feldstärken sind normiert und in dBV/m angegeben.

Die normierten Feldstärkewerte (der Referenzfall ohne WEA) gemäß Abbildung 14 sind die Grundlage für die Untersuchungen. Die analysierten Ergebnisse aus Kapitel 3.6 sind gültig für Elevationswinkel bei 0° bzw. $-0,1^\circ$. In diesem Bereich ist die größte Verdichtung von verschattungswirksamen Objektstrukturen auf Bestands- und Planungsanlagen gegeben.

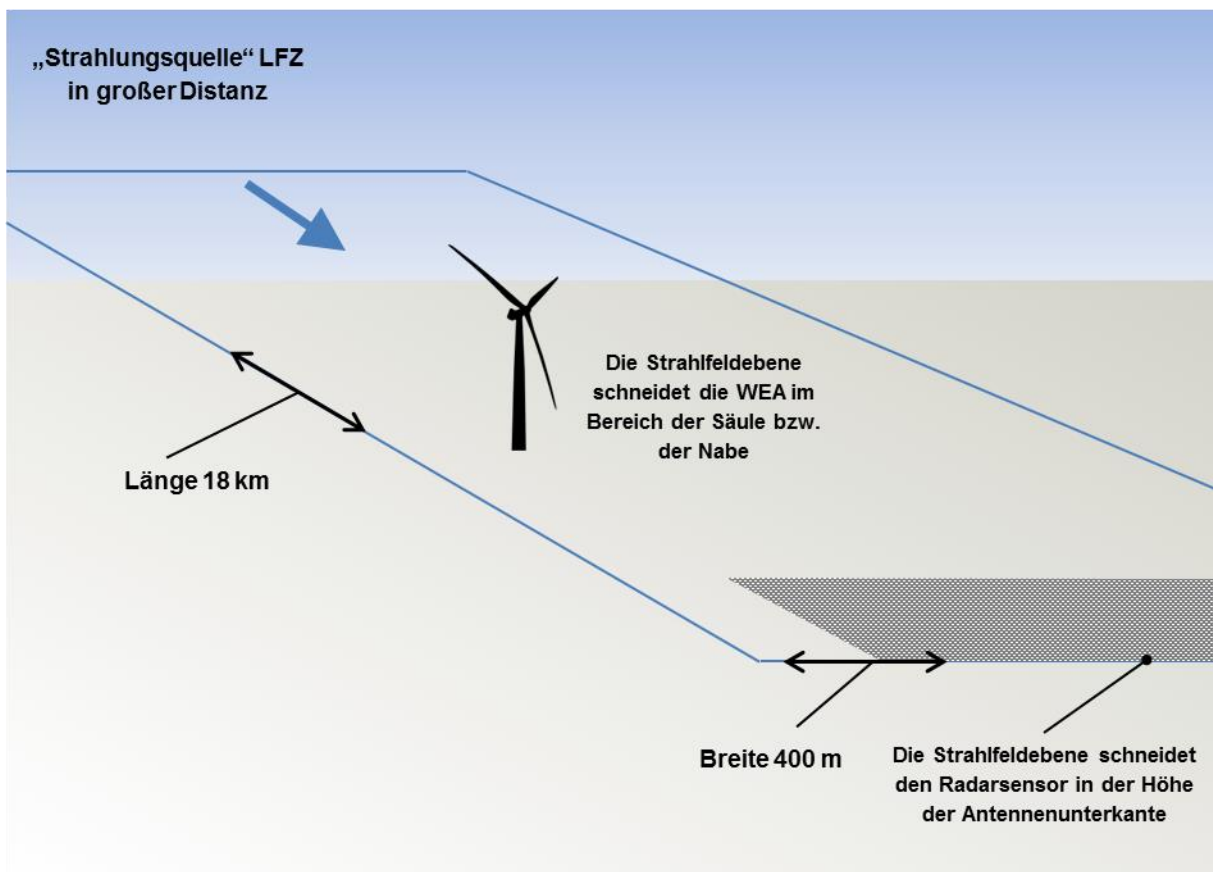


Abbildung 12: Anordnung von Radar und WEA sowie Lage des in dieser Untersuchung dargestellten Luftraums mit einer Ausdehnung von hier 18 km Länge und 400 m Breite. Das LFZ wird in einer Distanz von bis zu 130 NM angenommen. Schematische Darstellung

Dargestellt ist in der vorliegenden Untersuchung das Feldgebiet für den Sekundärpfad, das das vom LFZ zurück reflektierte Signal zur Radaranlage bis 18 km Längenausdehnung und in einer Breite von 400 m darstellt. Der grau dargestellte Ausschnitt des Feldgebietes wird mehreren Detailanalysen unterzogen, um eine ausreichende Datenbasis für die zu erwartenden Einflüsse auf die Empfangsverhältnisse des Radarsensors zu erhalten.

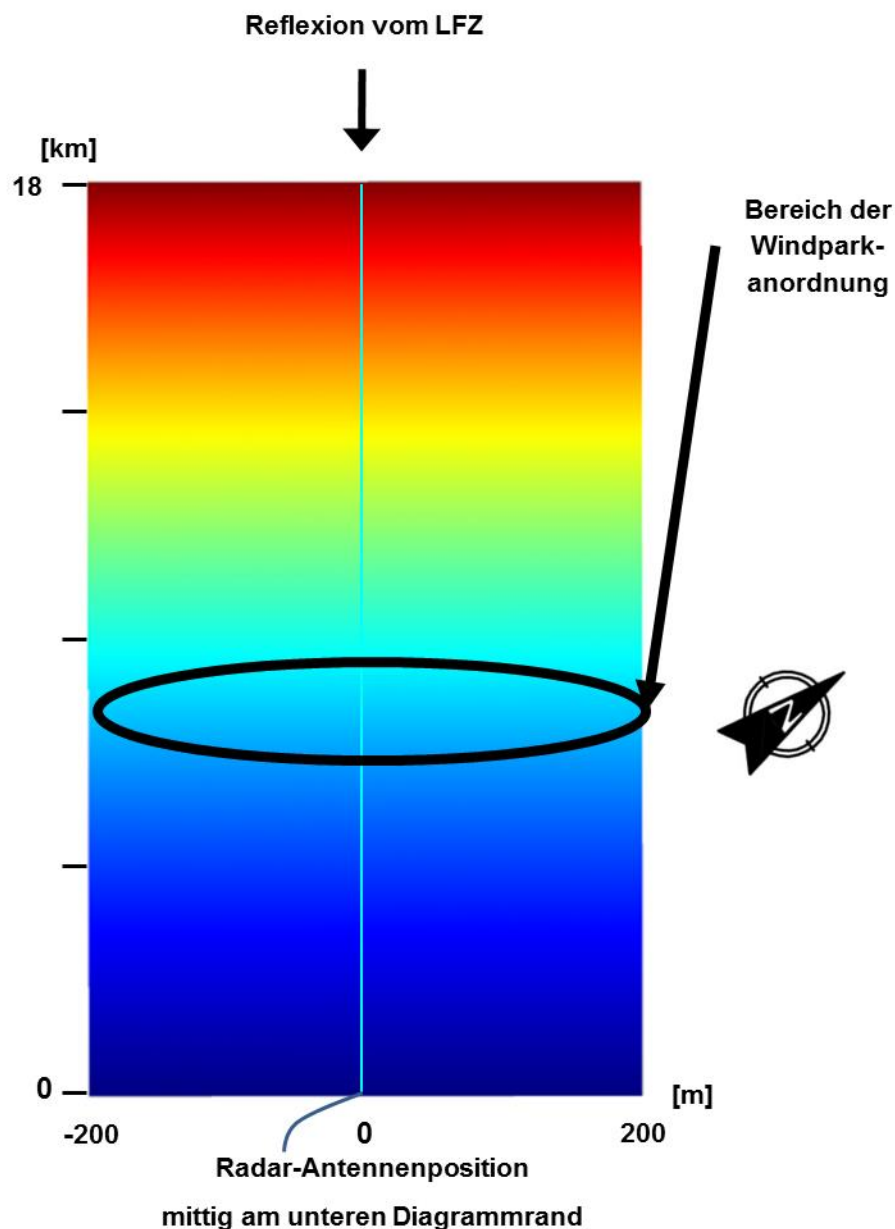


Abbildung 13: Feldgebiet von 18 km x 400 m in der Übersicht (schematische Übersicht für das Radar Erndtebrück)

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 GmbH voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space GmbH, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen.

Das Untersuchungsgebiet ist in der Übersicht dargestellt. Der Feldstärkeverlauf ist farblich in verschiedenen Abstufungen angegeben. Der Ort des geplanten Windparks wurde in Abbildung 13 schematisch in der geplanten Distanz zu den Radarsystemen als schwarze Ellipse gekennzeichnet. Die gemittelte Distanz des gesamten zukünftigen Windparks zum Radar Erndtebrück liegt bei ca. 7 km.

Durch die Analyse der Feldverteilung im Raum sind Rückschlüsse auf die Rückstreuung, die eine Falschzielerzeugung generieren kann, und Verschattungen, die Zielverluste generieren können, möglich. Aus der Gesamtanzahl der geplanten und vorhandenen WEA sind exemplarisch die ungünstigsten Anordnungen ausgewählt und unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen analysiert worden.

Die Nachbildung der geplanten Windenergieanlagen erfolgt gemäß Abbildung 9. Die Strahlungsfeldanalyse erfolgt für die vorgenannten Anlagentypen und Standortkombinationen.

Die nachstehende Abbildung 14 gibt die Strahlungsfeldverteilungen als Referenz im Fall ohne Windenergieanlagen zum Vergleich für die Frequenz von ca. 3,1 GHz wieder. Die Werte sind normiert und dienen einer vergleichenden Betrachtung am Ort der Empfangsantenne als Referenzwert.

Bei der Betriebsfrequenz der Radaranlage Erndtebrück gilt für den Fall ohne WEA im Rahmen der Simulation zum Strahlungsfeld der Referenzwert von:

-6,683 dBV/m (normierte Empfangsfeldstärke)

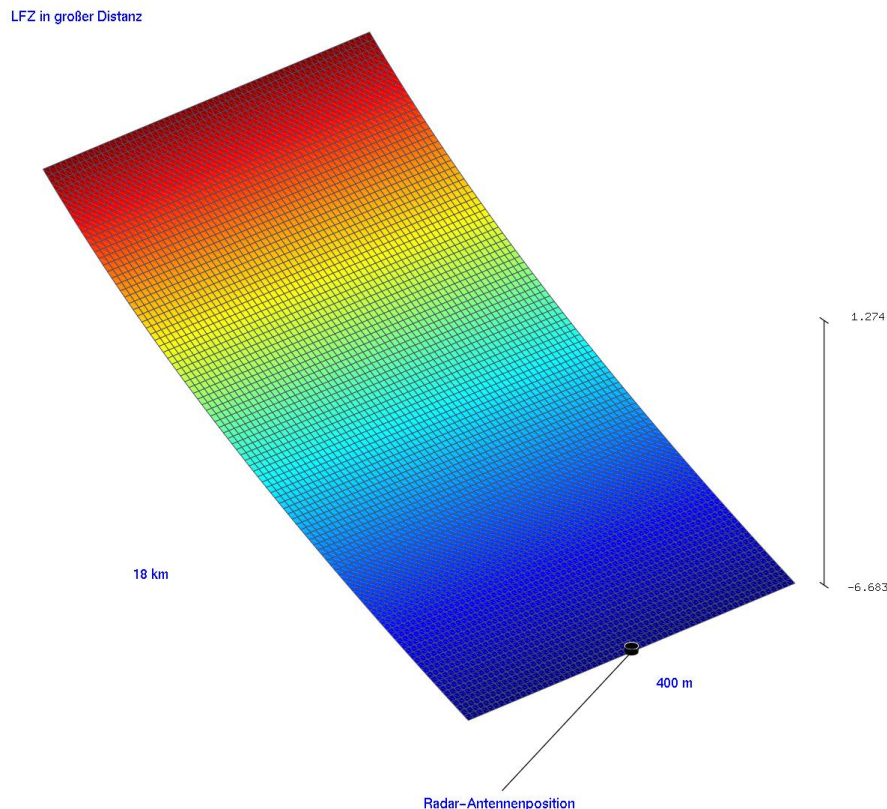


Abbildung 14: Das dargestellte Raumgebiet mit einer Elevation von 0° bzw. $-0,1^\circ$ ohne WEA-Einfluss sowie ohne Berücksichtigung der Topografie bzw. der relevanten Höhenunterschiede zwischen dem Radarstandort und den geplanten WEA-Standorten in der Konturdarstellung der normierten Feldstärkenverteilung für die Betriebsfrequenz des Radars Erndtebrück

Die nachfolgenden Untersuchungsergebnisse unter Berücksichtigung des Einflusses von Windenergieanlagen zeigen am Ort des Radarsensors von den o. g. Werten ohne WEA abweichende, üblicherweise geringere Feldstärkewerte. Diese Differenz der Werte wird in eine zu erwartende äquivalente Reduktion der Reichweite umgerechnet. Der Richtungsbereich der Windenergieanlagen wird dabei in verschiedenen Teilrichtungen geprüft, in denen unter Berücksichtigung der Azimutbreite des Antennenbeams jeweils eine zeitgleiche Erfassung der WEA erfolgt. Dabei werden die Teilrichtungen mit der radartechnisch jeweils ungünstigsten Verdichtung zugrunde gelegt.

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 GmbH voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space GmbH, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen.

3.6.2 Künftige Situation mit den geplanten WEA

1. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 2. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 6,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T1

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA2	E-138 EP3	130,53	<u>6611,48</u>
			6611,48

Tabelle 2: Teilanordnung T1

2. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 3. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 7,1 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T2

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA4	E-138 EP3	111	<u>7104,92</u>
			7104,92

Tabelle 3: Teilanordnung T2

3. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 4. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 7,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T3

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA6	E-138 EP3	130,53	<u>7615,34</u>
			7615,34

Tabelle 4: Teilanordnung T3

4. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 5. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T4			
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA NEU	E-138 EP3	130,53	8644,01
			8644,01

Tabelle 5: Teilanordnung T4

5. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 6. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,2 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T5			
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA8	E-138 EP3	130,53	8239,12
			8239,12

Tabelle 6: Teilanordnung T5

6. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 7. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,3 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T6			
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA10	E-138 EP3	130,53	8320,48
			8320,48

Tabelle 7: Teilanordnung T6

7. **WEA-Vierfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 8. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 10,8 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T7			
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA_B_3	Enercon E-82	138	12016,76
WEA_B_5	Enercon E-82	138	11364,38
WEA_B_2	Enercon E-82	138	11648,31
WEA11	E-138 EP3	130,53	8149,92
			10794,84

Tabelle 8: Teilanordnung T7

8. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 9. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T8			
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA15	E-138 EP3	130,53	8589,81
			8589,81

Tabelle 9: Teilanordnung T8

9. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 10. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T9			
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA16	E-138 EP3	130,53	8587,85
			8587,85

Tabelle 10: Teilanordnung T9

10. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 11. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,8 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T10			
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA20	E-138 EP3	130,53	8806,51
			8806,51

Tabelle 11: Teilanordnung T10

11. **WEA-Zweifachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 12. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T11			
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA23	E-138 EP3	130,53	8347,89
WEA22	E-138 EP3	130,53	8775,58
			8561,74

Tabelle 12: Teilanordnung T11

12. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 13. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,9 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T12

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA24	E-138 EP3	130,53	8892,22
			8892,22

Tabelle 13: Teilanordnung T12

13. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 14. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,1 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T13

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA26	E-138 EP3	130,53	8120,17
			8120,17

Tabelle 14: Teilanordnung T13

14. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 15. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T14

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA27	E-138 EP3	111	8000,7
			8000,7

Tabelle 15: Teilanordnung T14

15. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 16. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T15

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA29	E-138 EP3	111	8553,71
			8553,71

Tabelle 16: Teilanordnung T15

16. **WEA-Einfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 17. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 7,2 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

T16

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
WEA32	E-138 EP3	130,53	7163,76
			7163,76

Tabelle 17: Teilanordnung T16

3.6.3 Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen

Die Nachbildung einer Windenergieanlage erfolgt schematisch betrachtet gemäß Abbildung 9. Die Strahlungsfeldanalyse erfolgt für die vorgenannten Anlagentypen und Standortkombinationen für eine Elevation von $-0,1^\circ$ bzw. 0° (abhängig vom Azimut: Azimut 282° - 310° : Elevation $-0,1^\circ$, Azimut 310° - 323° : Elevation 0°).

Die Ergebnisse gemäß Abbildung 15 bis Abbildung 30 geben für die Frequenz von ca. 3,1 GHz der militärischen Radaranlage Erndtebrück die Ergebnisse der künftigen Situation für die Anordnungen mit den geplanten Windenergieanlagen als Teilanordnungen wieder.

Im direkten Vergleich mit der Referenz ohne WEA sind der jeweilige radartechnisch wirksame Verschattungseffekt von einer WEA-Struktur bis zur Radarortungsanlage sowie die von der WEA verursachten Streufelder erkennbar. Deutlich sichtbar wird ebenfalls die unterschiedliche Ausdehnung und Ausprägung des Streufeldes infolge von Reflexions- und Beugungserscheinungen an den verschiedenen WEA-Strukturen in Abhängigkeit von der Distanz zum Radarsensor.

Die angegebenen untersuchten Fälle zu WEA-Mehrfachanordnungen berücksichtigen die azimutale Breite des aktuellen Radarsystems im Hinblick auf eine zeitgleiche Erfassung benachbarter WEA. Die Abbildung 31 gibt hierzu eine Übersicht für den Richtungsbereich der Planung.

Die Auswertung der Analysen für den Ort der empfangenden Radarortungsanlage erfolgt mittels der Feldpunktgitter, über das die Orte der berechneten Feldstärkewerte festgelegt sind.

3.6.4 Auswertung der künftige Situation mit den geplanten WEA

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 2. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 6,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

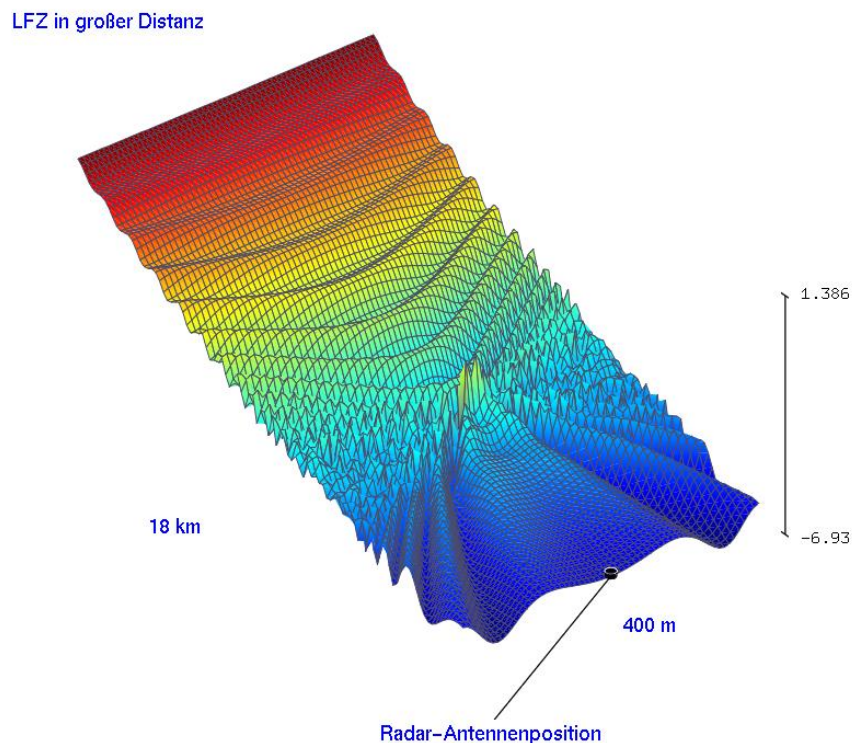


Abbildung 15: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 15 mit $-6,93$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

97,20 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 3. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 7,1 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

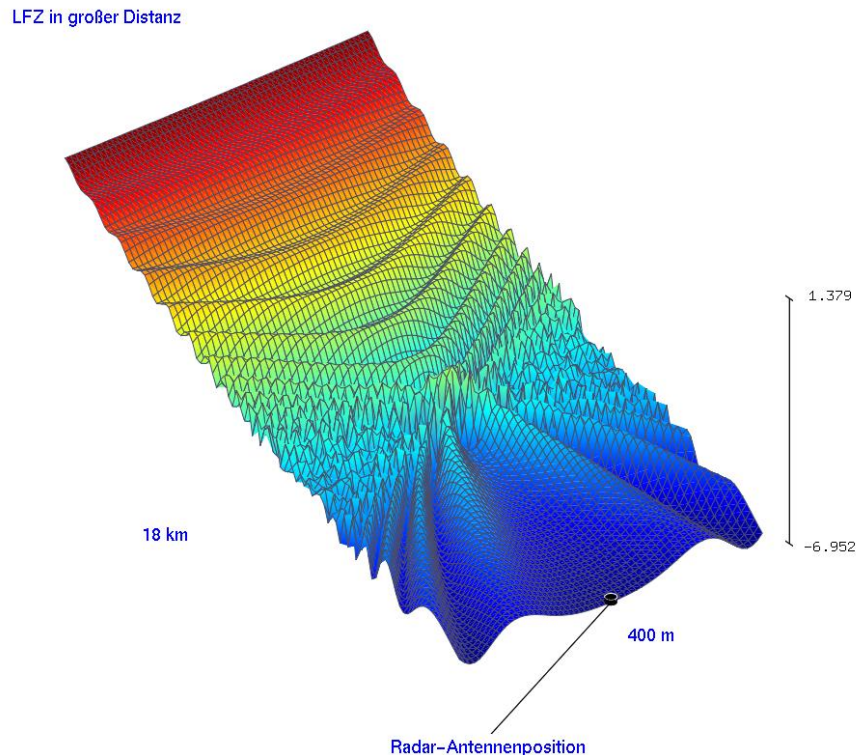


Abbildung 16: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 16 mit $-6,952$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

96,95 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 4. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 7,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

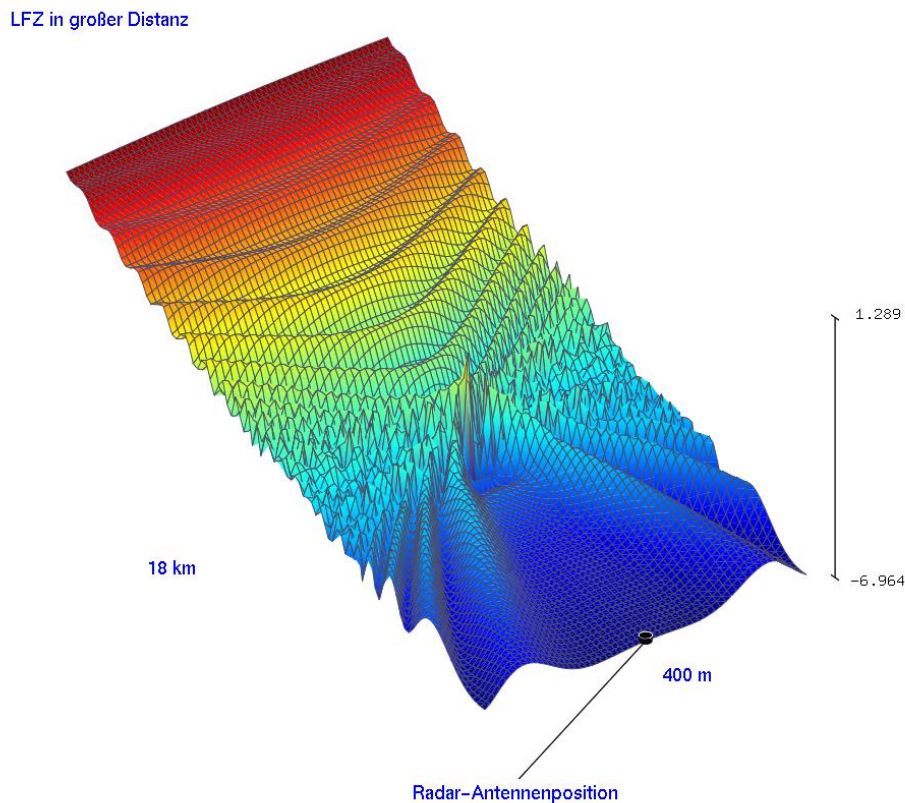


Abbildung 17: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 17 mit $-6,964$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

96,82 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 5. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

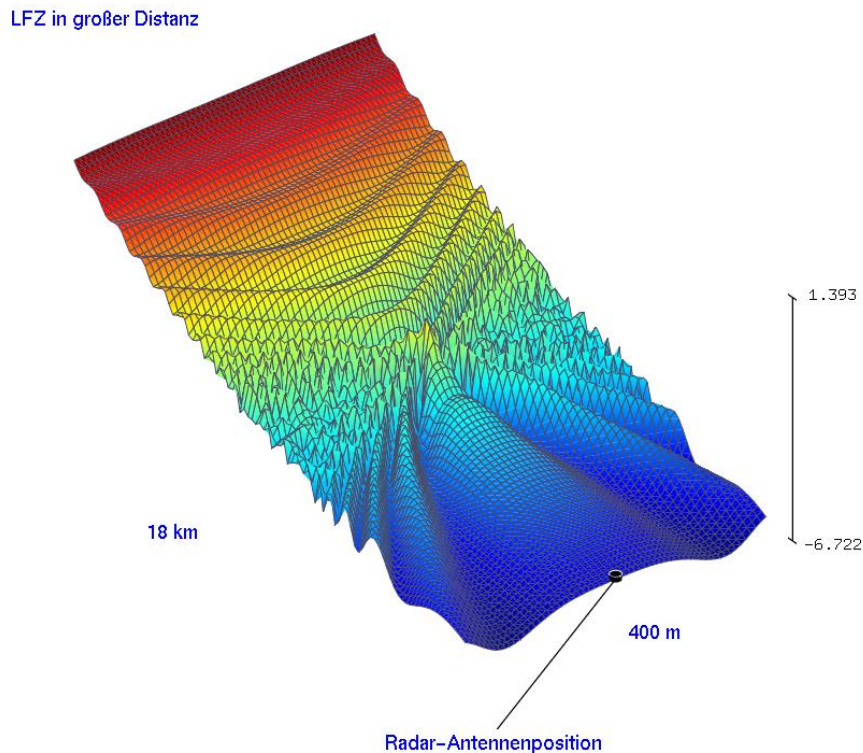


Abbildung 18: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 18 mit -6,722 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

99,55 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 6. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,2 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

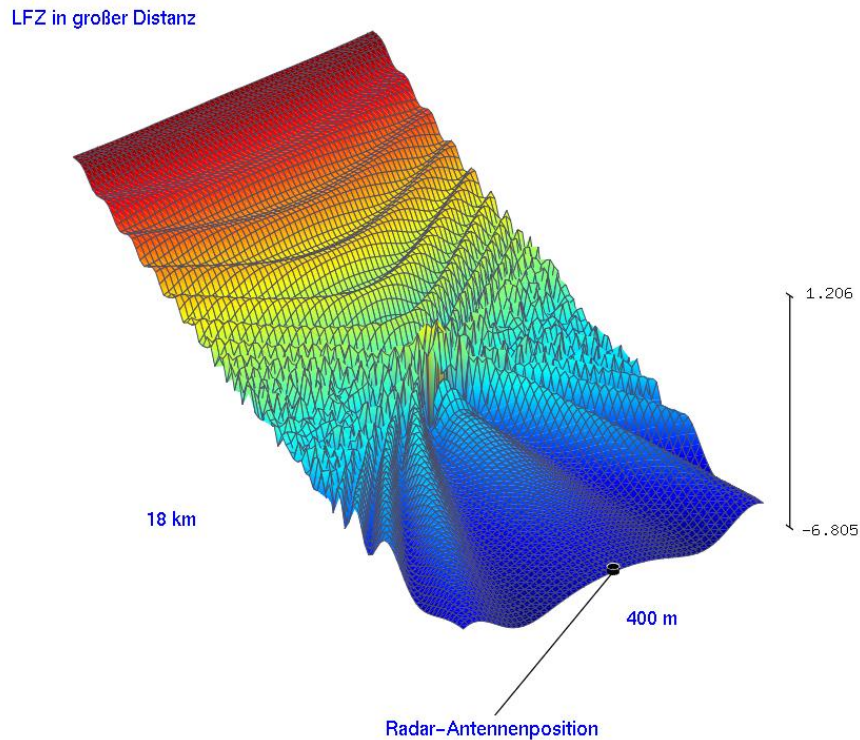


Abbildung 19: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 19 mit $-6,805$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

98,61 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 7. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,3 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

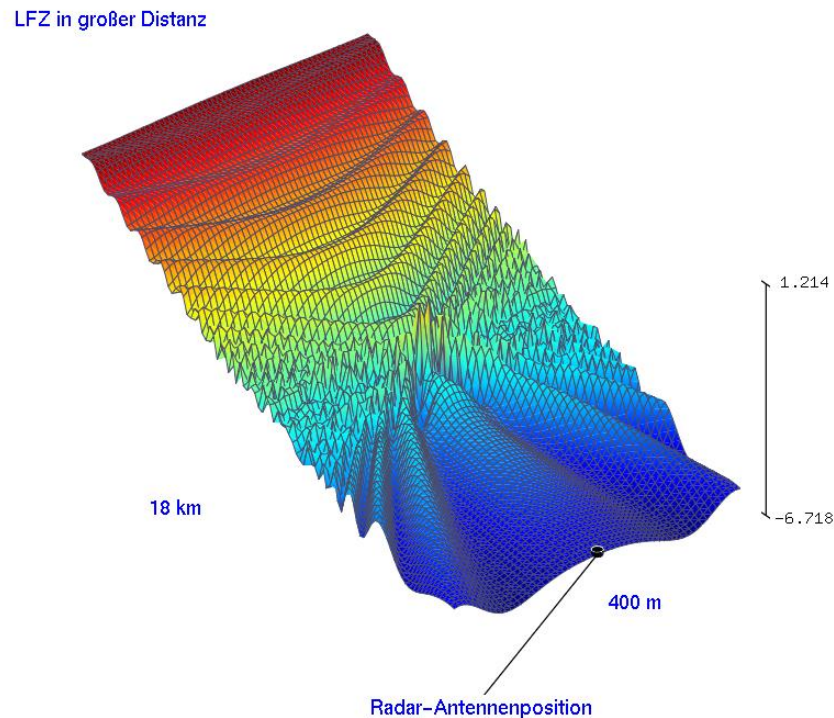


Abbildung 20: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 19 mit $-6,718$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

99,6 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Vierfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 8. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 10,8 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

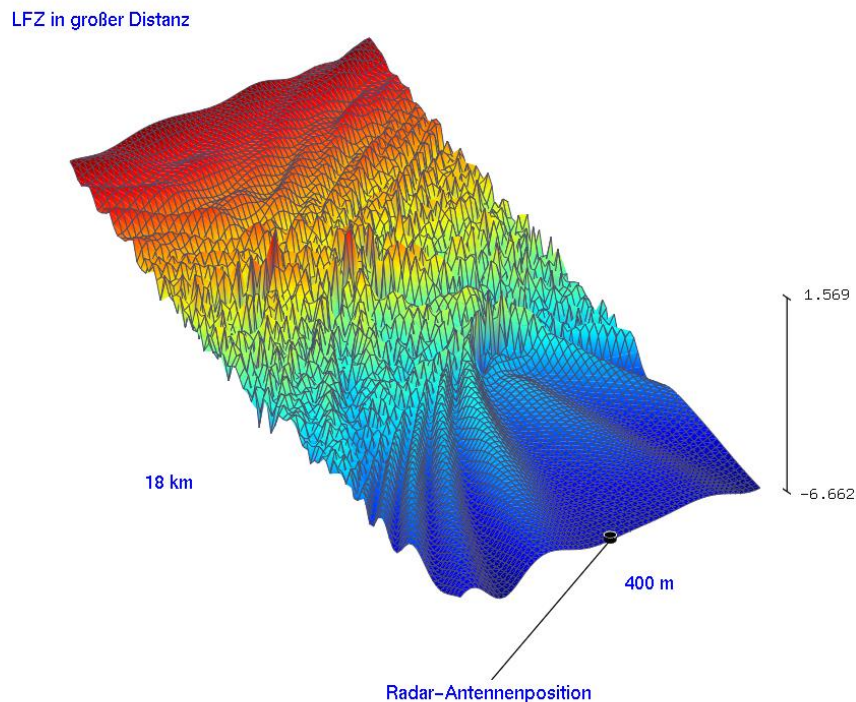


Abbildung 21: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Vierfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 21 mit $-6,662$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

99,9 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 9. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

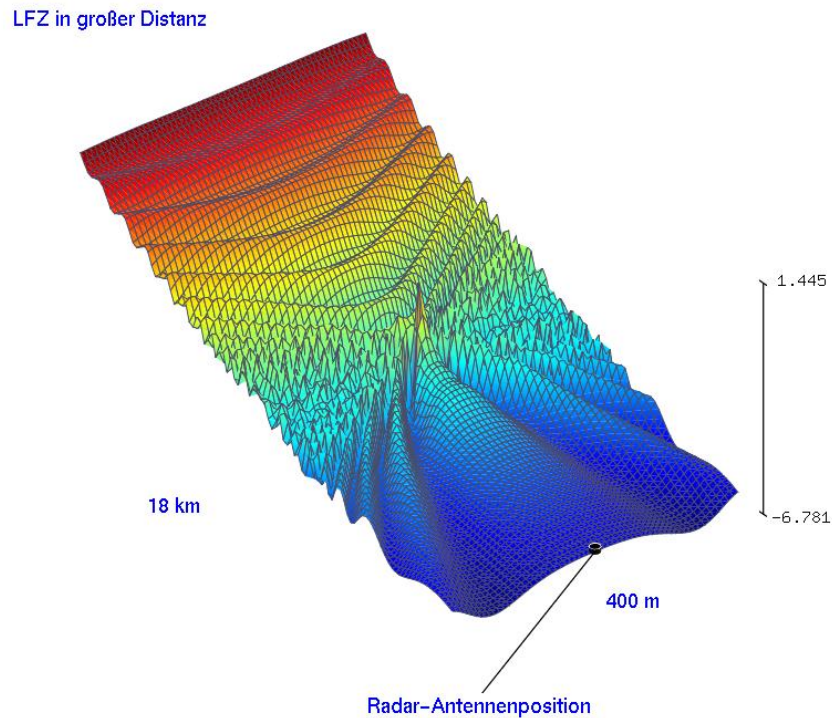


Abbildung 22: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 22 mit $-6,781$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

98,88 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 10. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

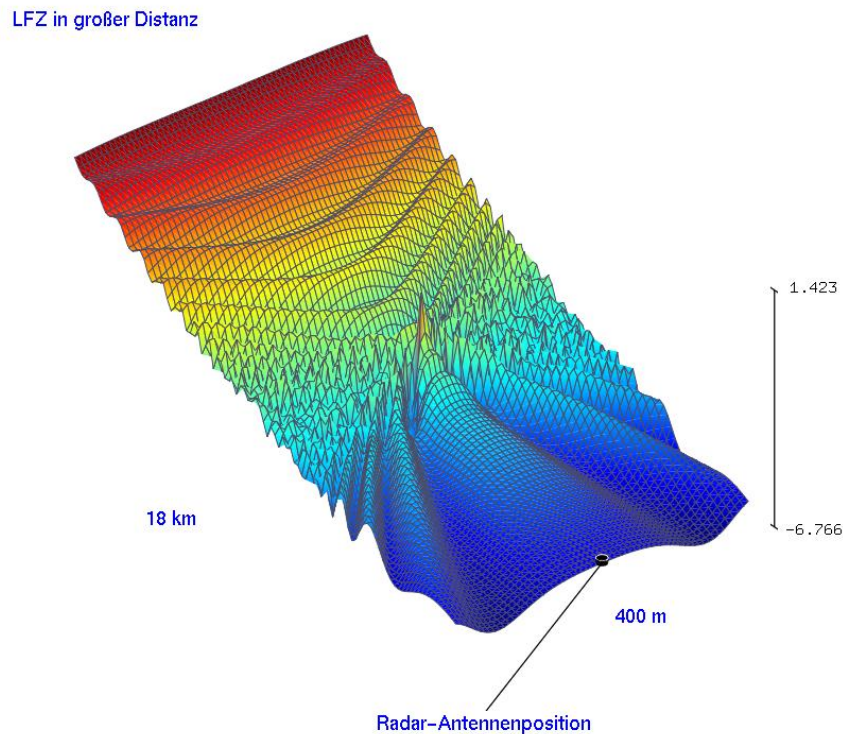


Abbildung 23: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 23 mit $-6,766$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

99,05 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 11. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,8 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

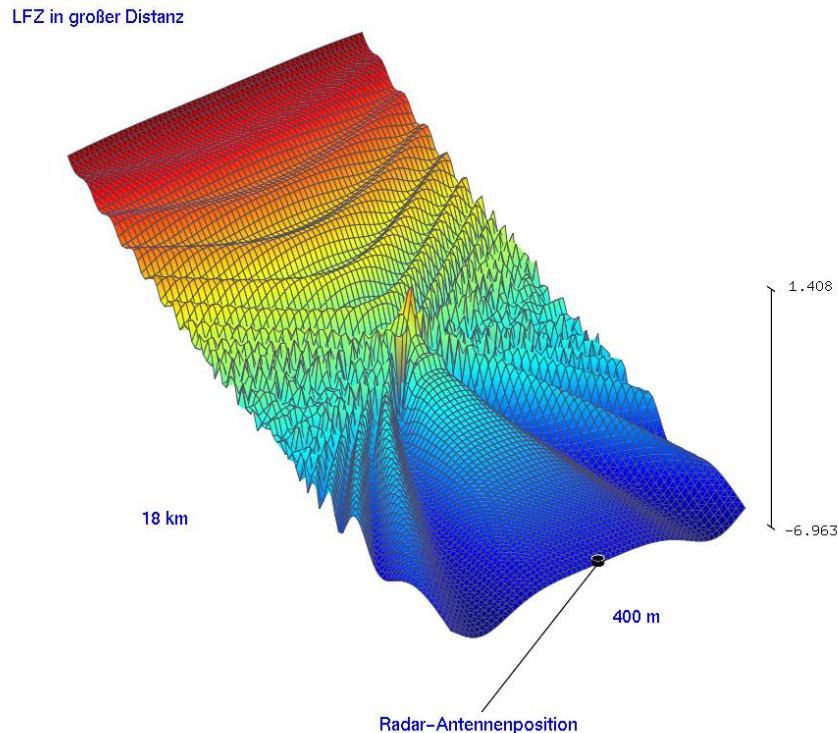


Abbildung 24: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 24 mit $-6,963$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

96,83 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Zweifachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 12. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

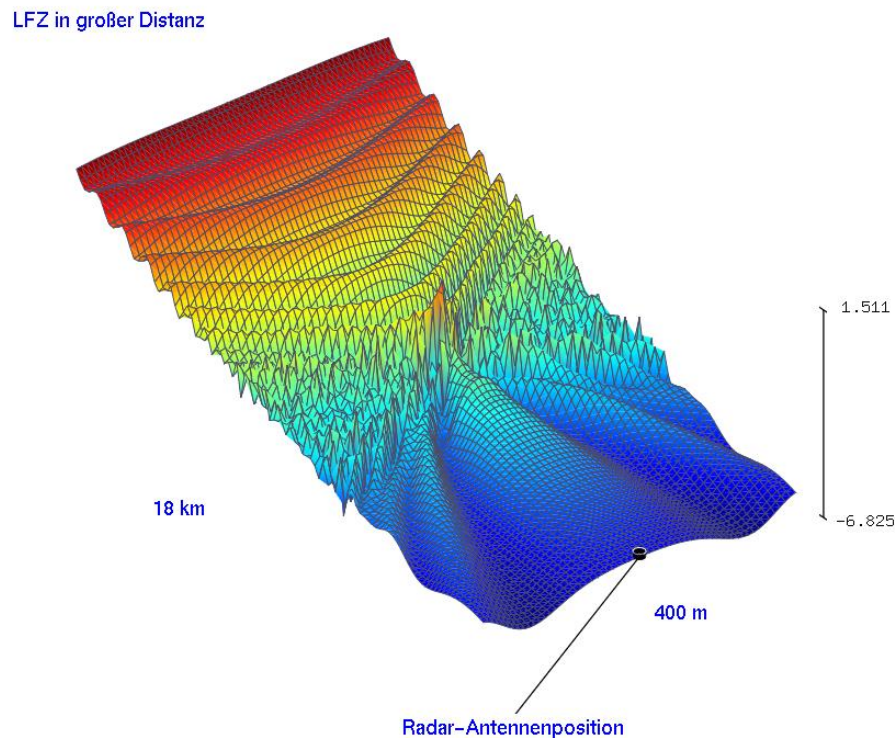


Abbildung 25: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Zweifachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 25 mit $-6,825$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

98,38 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 13. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,9 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

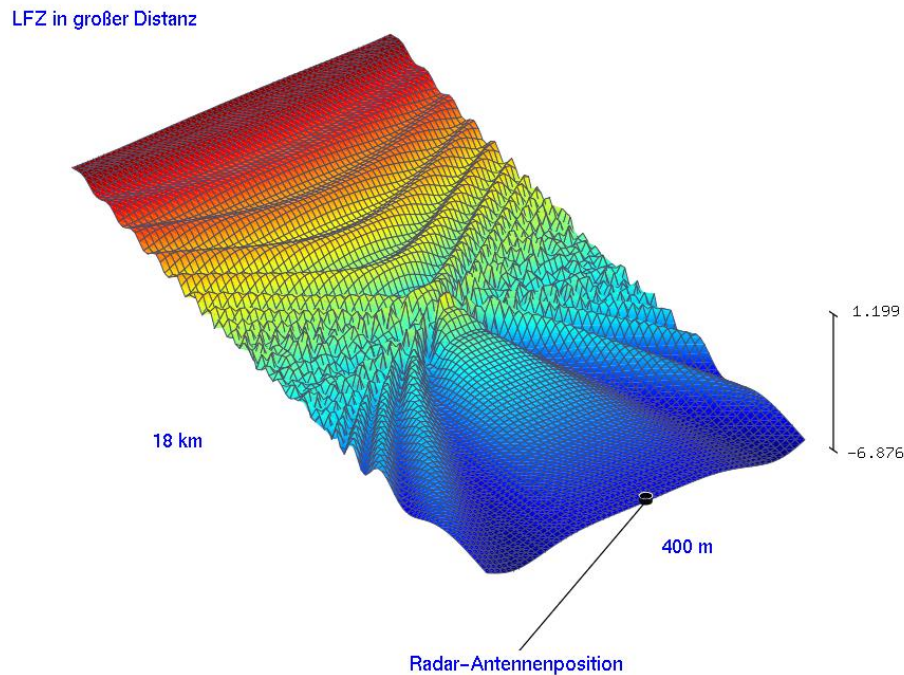


Abbildung 26: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 26 mit $-6,876$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

97,8 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 14. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,1 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

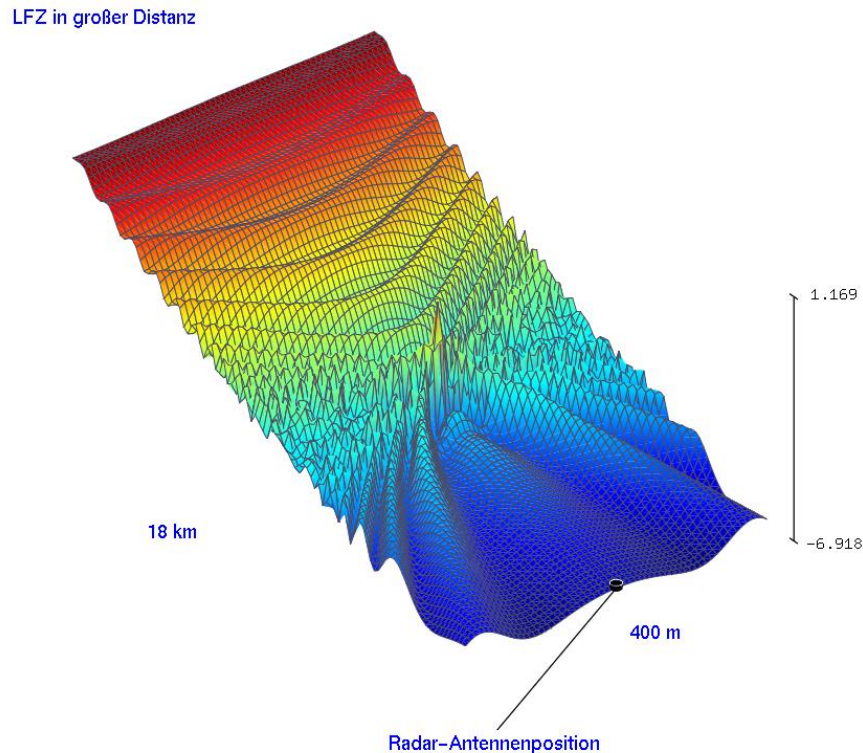


Abbildung 27: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 27 mit $-6,918$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

97,33 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 15. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

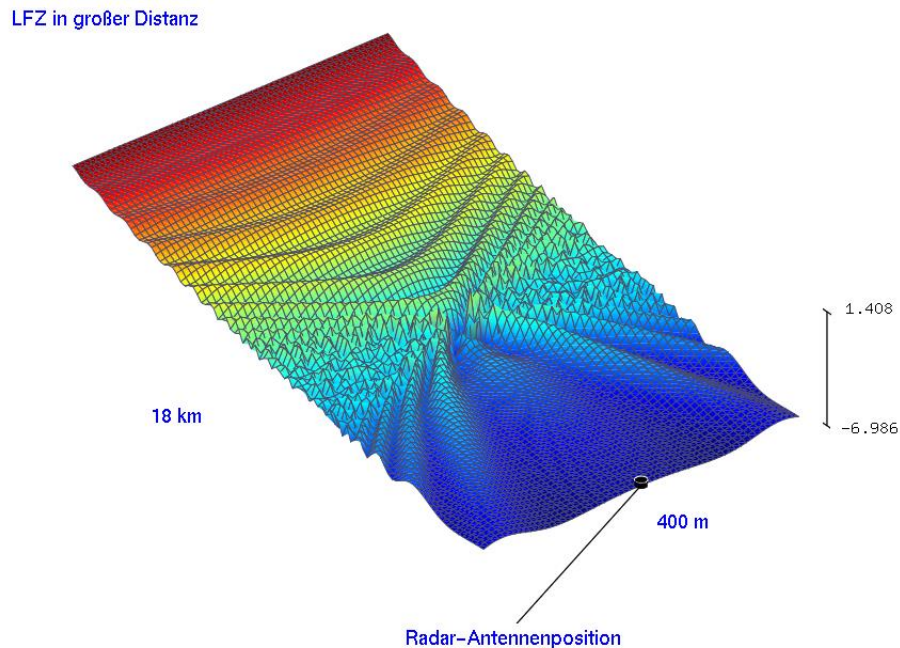


Abbildung 28: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 28 mit $-6,986$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

96,57 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 16. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 8,6 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

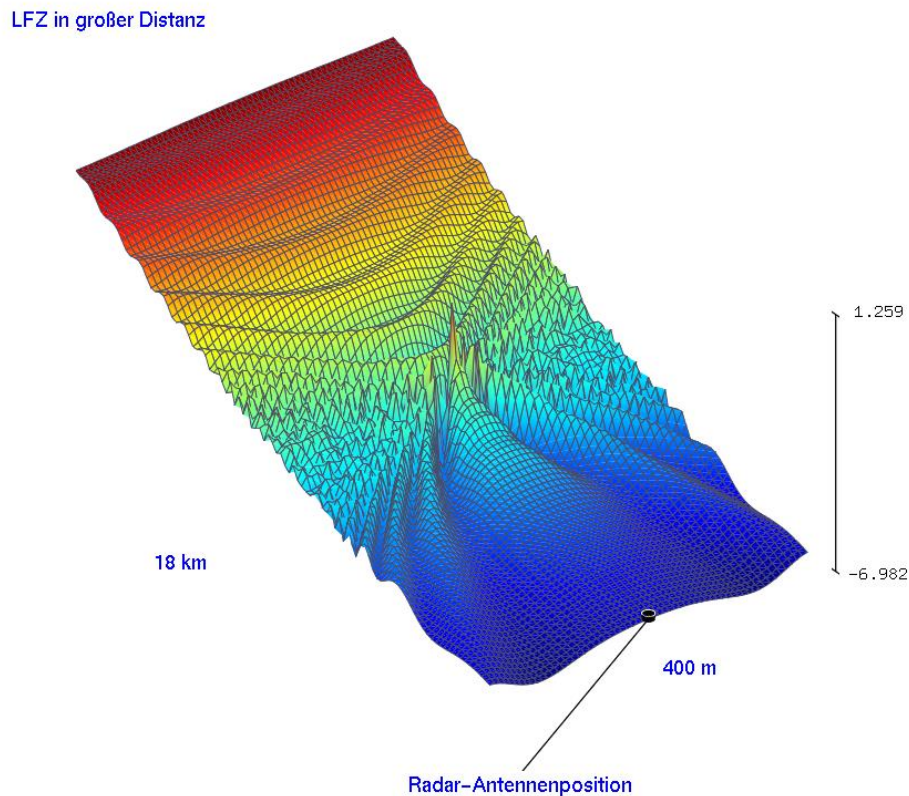


Abbildung 29: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 29 mit $-6,982$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

96,62 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

WEA-Einfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 17. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 7,2 km zur Radaranlage Erndtebrück durchgeführt.

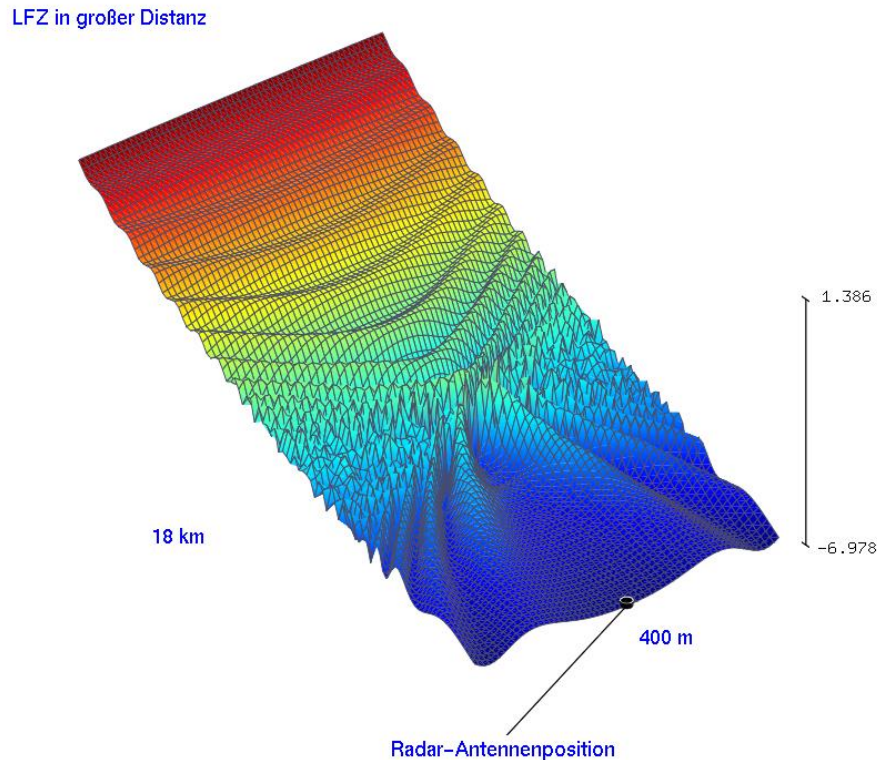


Abbildung 30: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Einfachanordnung im Einflussbereich der Radaranlage Erndtebrück mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 30 mit $-6,978$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

96,66 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar. Das Kriterium ist erfüllt.

3.6.5 Bewertung der Darstellung der normierten Feldstärkenverteilungen

Abbildung 14 zeigt als Konturdarstellung den Intensitätsverlauf der Feldstärke des elektromagnetischen Ausbreitungsfeldes. Sie zeigt als Referenz ohne WEA die kontinuierlichen Minderungen der Reflexionsfeldstärke eines vom Radarsensor angestrahlten Flugzeuges. Dabei wird das Luftfahrzeug bei einer Elevation von $-0,1^\circ$ bzw. 0° (abhängig vom Azimut: Azimut 282° - 310° : Elevation $-0,1^\circ$, Azimut 310° - 323° : Elevation 0°) gegenüber der Höhenposition der Antenne angenommen.

Bei Berücksichtigung einer oder mehrerer WEA in der geplanten Distanz zum Radarsystem sowie unter Berücksichtigung der geplanten Bauhöhe der WEAs zeigen sich Einflüsse auf die Ausbreitung des elektromagnetischen Feldes in diesem Richtungsbereich. Dabei greift das elektromagnetische Feld aufgrund von Beugungs- bzw. Streuprozessen um das Hindernis herum. Es liegt somit im Hochfrequenzfeld keine vollständige Unterdrückung des elektromagnetischen Feldes entsprechend einer geometrischen Verschattung vor.

Abbildung 15 bis Abbildung 30 zeigen, dass bei einer Distanz zwischen WEA und Radarstandort von ca. 6-9 km Verschattungserscheinungen vorliegen, die am Ort der Radarantenne einer Reichweitenminderung von 100 % (ideal) auf minimal 96,57 % entsprechen. Es ergibt sich somit keine messbare Reichweitenminderung.

Es zeigen sich weiter Streufelderscheinungen, insbesondere in seitlichen Richtungen. Zugleich ist den Abbildungen zu entnehmen, dass die Analysen in diesen Fällen Reflexionen durch die WEA zeigen, die zurück in Richtung des Luftfahrzeuges wirken.

3.6.6 Beurteilung

Für die Untersuchung der geplanten WEA liegt gemäß den Untersuchungsergebnissen bei Berücksichtigung der Geländetopografie kein Fall bzw. keine Teilrichtung vor, in der das Kriterium von 96,2 % bzgl. Verschattungen und Reichweitenminderungen verletzt wird.

Im direkten Vergleich mit der Referenz ohne WEA sind der jeweilige radartechnisch wirksame Verschattungseffekt von einer WEA-Struktur bis zur Radarortungsanlage sowie die von der WEA verursachten Streufelder im Nahbereich erkennbar. Deutlich sichtbar wird ebenfalls die unterschiedliche Ausdehnung und Ausprägung des

Streifelfeldes infolge von Reflexions- und Beugungserscheinungen an den verschiedenen WEA-Strukturen in Abhängigkeit von der Distanz zum Radarsensor.

Die Auswertung der Analyse für den Ort der empfangenden Radarortungsanlage erfolgt mittels der Feldpunktgitter, über das die Orte der berechneten Feldstärkewerte festgelegt sind.

Die Koordinaten der geplanten WEA sowie die Entfernung, die Elevation und der Azimutwinkelbezug zum Radar Erndtebrück sind der Tabelle 18 zu entnehmen. Die Koordinaten aller in diesem Gutachten relevanten Windenergieanlagen sind im Anhang auf Seite 63 aufgelistet.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Geländehöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
WEA2	E-138 EP3	50° 58' 59,80"	8° 10' 48,63"	130,5	629,0	0,443	6611,5	282,73
WEA4	E-138 EP3	50° 59' 19,81"	8° 10' 30,85"	111,0	645,0	0,381	7104,9	286,99
WEA6	E-138 EP3	50° 59' 35,10"	8° 10' 11,27"	130,5	628,5	0,375	7615,3	289,55
WEA8	E-138 EP3	50° 59' 55,26"	8° 9' 49,29"	130,5	637,2	0,403	8239,1	292,64
WEA10	E-138 EP3	51° 0' 12,62"	8° 9' 57,23"	130,5	625,3	0,316	8320,5	296,47
WEA11	E-138 EP3	51° 0' 22,20"	8° 10' 15,15"	130,5	637,0	0,406	8149,9	299,43
WEA15	E-138 EP3	51° 0' 40,58"	8° 10' 6,22"	130,5	603,0	0,156	8589,8	302,16
WEA16	E-138 EP3	51° 0' 51,31"	8° 10' 17,56"	130,5	626,0	0,309	8587,9	304,82
WEA20	E-138 EP3	51° 1' 4,79"	8° 10' 19,19"	130,5	635,4	0,362	8806,5	307,16
WEA22	E-138 EP3	51° 1' 16,95"	8° 10' 36,69"	130,5	664,0	0,550	8775,6	310,47
WEA23	E-138 EP3	51° 1' 7,95"	8° 10' 53,36"	130,5	669,0	0,615	8347,9	310,46
WEA24	E-138 EP3	51° 1' 27,46"	8° 10' 43,43"	130,5	653,3	0,473	8892,2	312,61
WEA26	E-138 EP3	51° 1' 18,24"	8° 11' 24,24"	130,5	654,5	0,532	8120,2	314,92
WEA27	E-138 EP3	51° 1' 22,90"	8° 11' 40,73"	111,0	630,8	0,231	8000,7	317,28
WEA29	E-138 EP3	51° 1' 41,14"	8° 11' 30,45"	111,0	607,4	0,056	8553,7	318,86
WEA32	E-138 EP3	51° 1' 18,53"	8° 12' 39,43"	130,5	599,0	0,166	7163,8	323,27
WEA NEU	E-138 EP3	50° 59' 53,89"	8° 9' 26,05"	130,5	641,9	0,412	8644,0	291,23

Tabelle 18: Koordinatenübersicht über die Planungsanlagen des Windparks

Abbildung 31 gibt die Perspektive der geplanten Windenergieanlagen über Azimut und Elevation bzgl. der Gondelpositionen für das Radar wieder. Der Bereich der gemäß der Ergebnisse nach Abbildung 15 bis Abbildung 30 untersuchten Teilanordnungen ist farbig hinterlegt.

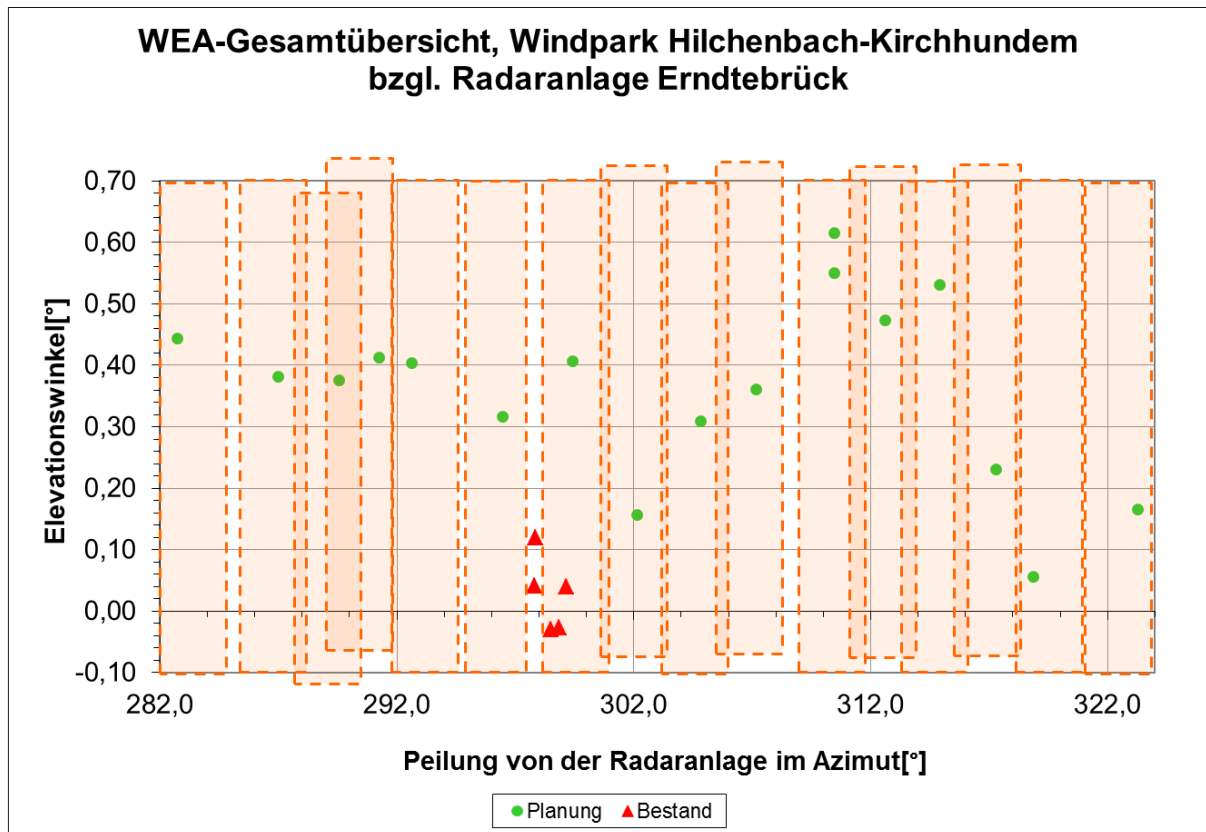


Abbildung 31: Perspektive zur Gondelanordnung gemäß Azimut und Elevation für die Position des Radars Erndtebrück. Der Richtungsbereich der gemäß Abschnitt 3.6.4 analysierten Teilanordnungen ist schematisch gekennzeichnet.

Bei den analysierten Teilanordnungen wird grundsätzlich neben anderen Parametern der Radaranlage auch die Breite der Antennenkeule berücksichtigt. Bei den jeweiligen Teilanalysen wird das LFZ mittig bzgl. des jeweils analysierten Azimutabschnittes in großer Entfernung angenommen und der hervorgerufene Verschattungseinfluss im Sekundärpfad, bzw. die von den Windenergieanlagen in Richtung Radarortungsanlage zeigende Verschattungswirkung, analysiert. Die Auswahl der untersuchten Teilanordnungen basiert auf der Auswertung der geplanten Standorte unter dem Aspekt der geringsten Azimutabstände und der damit verbundenen stärksten Verschattungserscheinungen bzw. Reichweitenminderungen.

Befindet sich ein LFZ hinter einer WEA-Anordnung mit geringen Azimutabständen, so werden, bedingt durch die direkten Verschattungen sowie stärkeren Wechselwirkungen untereinander, die größten Verschattungserscheinungen bzw. Reichweitenminderungen auftreten. Verschiebt sich die LFZ-Azimutposition aus diesem Bereich

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 GmbH voraus. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster – Eintragung vorbehalten. Quellenangabe: Alle genutzten Darstellungen sind durch Airbus Defence and Space GmbH, bzw. den Bearbeiter erzeugt worden. Bei Luftaufnahmen wird teilweise auf Google Earth Abbildungen zurückgegriffen.

mit geringen Azimutabständen der WEAs heraus, nimmt der Verschattungseinfluss grundsätzlich ab.

Die Detailanalysen, bei denen das LFZ hinter einer WEA-Verdichtung mit geringen Azimutabständen angeordnet ist, geben den jeweiligen Worst-Case-Fall einer Verdichtung wieder. Die Azimutbreite der Teilanordnungen ist somit nicht zwingend identisch mit der Azimutauflösung des Radargerätes.

Die nachstehende Abbildung 32 zeigt eine Zusammenstellung der Ergebnisse zu den ermittelten Reichweitenminderungen mit Berücksichtigung der Topografie.

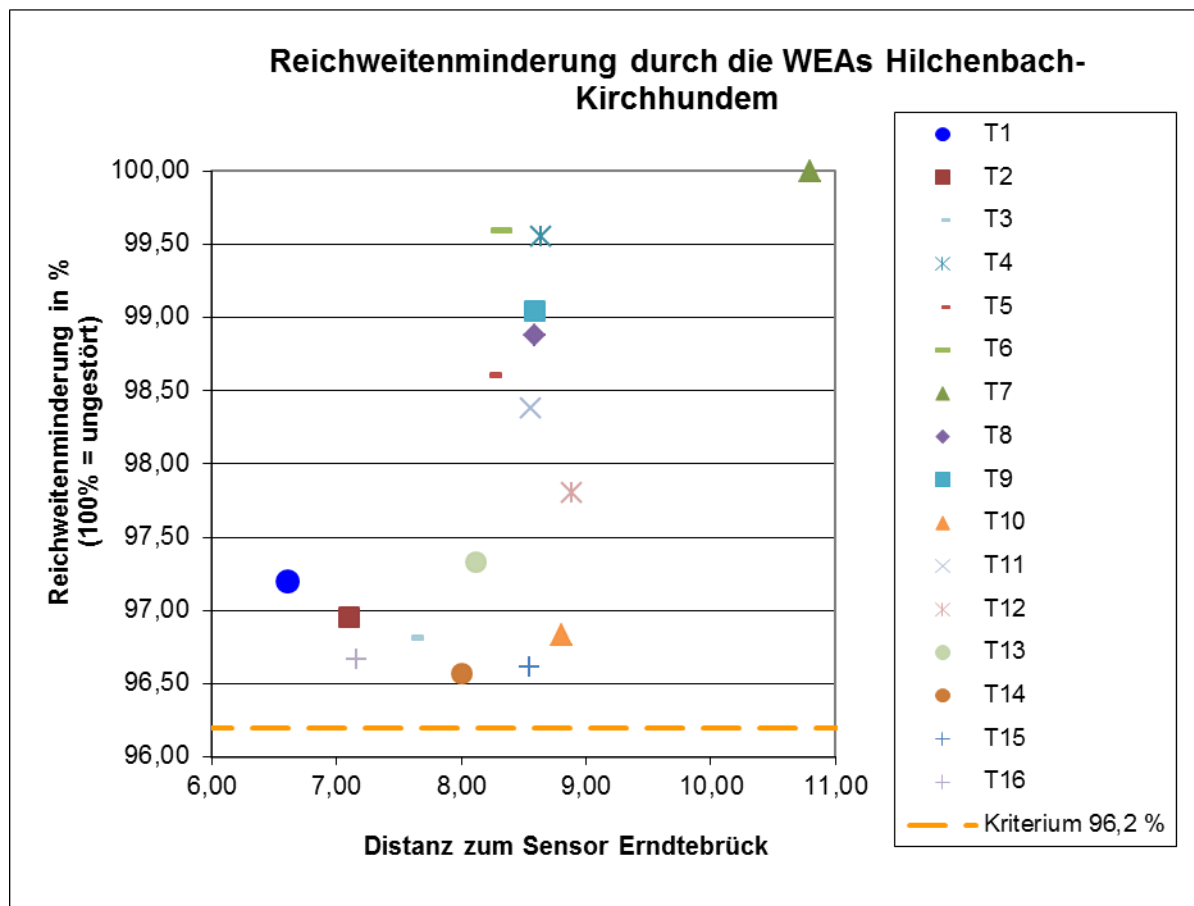


Abbildung 32: Übersicht über die zu erwartende Reichweitenreduktion bei den angegebenen WEA-Konstellationen unter Berücksichtigung der Topografie

Anhang A: Abkürzungen

AntUk	=	Antennenunterkante	
ASR	=	Airport Surveillance Radar (Primärradar)	2D-Radar
GND	=	Geländehöhe	
LFZ	=	Luftfahrzeug	
LV-Radar	=	Radar zur Luftverteidigung;	3D-Radar
MoM	=	Momentenmethode ; Analyseverfahren zur Hochfrequenzausbreitung	
MPR	=	Typenbezeichnung eines Radargerätes zur Luftverteidigung	
NH	=	Nabenhöhe	
PHIDP	=	Differentielle Phase (Phasenverschiebung des empfangenden Signals aus horizontaler- und vertikaler Polarisation)	
Radar	=	Radio Detection and Ranging	
RASS	=	Verfahren/Tool zur messtechnischen Bewertung von Radarsystemen	
RHOHV	=	Korrelationskoeffizient (Amplitudenkorrelation des empfangenden Signals aus horizontaler und vertikaler Polarisation)	
RQS/RCS	=	Radar-Cross-Section (Radarquerschnitt/Radarreflexionsintensität)	
RQS _{dyn.}	=	dynamischer RQS; zeitlich sich ändernde Reflexionsbeiträge von bewegten Objekten	
Reichweiten- minderung	=	Maß für die Beschränkung/Minderung der radarwirksamen Einsehbarkeit in definierte Luftraumsektionen. Die ideale Betriebsbedingung liegt vor für einen Wert von 100 %.	
SSR/IFF	=	Secondary Surveillance Radar (Sekundärradar)	
UTD	=	Uniform Theorie of Diffraction: Analyseverfahren zur Hochfrequenzausbreitung	
WEA	=	Windenergieanlage	
Z	=	Reflektivität	

Anhang B: Technische Parameter der geplanten WEA

Nachstehend sind die radartechnisch relevanten WEA-Parameter zusammengestellt:

Enercon E-138 EP3:

- Rotordurchmesser: ca. 138 m
- Nabhöhe: ca. 111/131 m
- Säulenquerschnitt oben: ca. 3,24 m
- Gondeldimension: ca. 9,26 m x 14,35 m

Anhang C: Koordinaten

Nachstehend sind die Koordinaten (WGS 84) aufgeführt, die diesem Gutachten für die Analyse zugrunde liegen. Die Planung ist grün gekennzeichnet. Koordinaten, Anlagentypen und Geländehöhen der Planung stammen vom Auftraggeber. Koordinaten und Anlagentypen des Bestands stammen vom Auftraggeber. Die Geländehöhen des Bestands stammen aus verifizierten Höhen aus Radarhöhenvermessungen/SRTM.

Bezeichnung	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Anlagentyp	Nabenhöhe ü. Grund [m]	Geländehöhe ü. NN [m]
WEA2	50° 58' 59,80"	8° 10' 48,63"	E-138 EP3	130,5	629,0
WEA4	50° 59' 19,81"	8° 10' 30,85"	E-138 EP3	111,0	645,0
WEA6	50° 59' 35,10"	8° 10' 11,27"	E-138 EP3	130,5	628,5
WEA8	50° 59' 55,26"	8° 9' 49,29"	E-138 EP3	130,5	637,2
WEA10	51° 0' 12,62"	8° 9' 57,23"	E-138 EP3	130,5	625,3
WEA11	51° 0' 22,20"	8° 10' 15,15"	E-138 EP3	130,5	637,0
WEA15	51° 0' 40,58"	8° 10' 6,22"	E-138 EP3	130,5	603,0
WEA16	51° 0' 51,31"	8° 10' 17,56"	E-138 EP3	130,5	626,0
WEA20	51° 1' 4,79"	8° 10' 19,19"	E-138 EP3	130,5	635,4
WEA22	51° 1' 16,95"	8° 10' 36,69"	E-138 EP3	130,5	664,0
WEA23	51° 1' 7,95"	8° 10' 53,36"	E-138 EP3	130,5	669,0
WEA24	51° 1' 27,46"	8° 10' 43,43"	E-138 EP3	130,5	653,3
WEA26	51° 1' 18,24"	8° 11' 24,24"	E-138 EP3	130,5	654,5
WEA27	51° 1' 22,90"	8° 11' 40,73"	E-138 EP3	111,0	630,8
WEA29	51° 1' 41,14"	8° 11' 30,45"	E-138 EP3	111,0	607,4
WEA32	51° 1' 18,53"	8° 12' 39,43"	E-138 EP3	130,5	599,0
WEA NEU	50° 59' 53,89"	8° 9' 26,05"	E-138 EP3	130,5	641,9
WEA_B_1	51° 0' 54,69"	8° 8' 12,82"	Enercon E-82	138,0	597,0
WEA_B_2	51° 1' 15,98"	8° 7' 37,21"	Enercon E-82	138,0	584,0
WEA_B_3	51° 1' 17,87"	8° 7' 17,30"	Enercon E-82	138,0	570,0
WEA_B_4	51° 0' 59,97"	8° 7' 55,86"	Enercon E-82	138,0	583,0
WEA_B_5	51° 1' 9,82"	8° 7' 48,46"	Enercon E-82	138,0	570,0

Tabelle 19: Verwendete Koordinaten. Die Planung ist grün gekennzeichnet.

Anhang D: Variationsrechnungen

Im Rahmen der technischen Analysen zum Einfluss der WEA-Gruppierung, bestehend aus dem WEA-Bestand sowie der WEA-Planung, wurden ggf. in verschiedenen Teilrichtungen, in denen eine zeitgleiche Erfassung der WEA unter Berücksichtigung der gegebenen Antennencharakteristik gegeben ist, diejenigen nachstehenden Variationsrechnungen durchgeführt, die jeweils durch ein Kreuz markiert sind:

Vorher/Nachher-Analyse:

Analyse des vorhandenen WEA-Bestandes versus Analyse der Planung inklusive verbleibendem Bestand

Variationsrechnungen zu dem geplanten WP-Layout:

Das Layout wurde bzgl. der geplanten WEA-Anzahl in verschiedenen Varianten geprüft.

Variationsrechnungen zu den geplanten WEA-Standorten:

Für die Planungsstandorte wurden zulässige Abweichungen jeweils um einige Meter geprüft.

Variationsrechnungen zu den geplanten WEA-Nabenhöhen:

Für jede Planungsanlage wurden verschiedene Nabenhöhen untersucht, u. a. zur Ermittlung der maximal zulässigen Nabenhöhe.

Variationsrechnungen zur Azimutrichtung der LFZ-Position in großer Distanz:

Die Detailrichtung der LFZ-Position im Azimut jenseits der WEA wurde variiert u. a. zur Ermittlung des Einflusses auf das Ergebnis.