

Signaturtechnisches Gutachten
zur Planung von Windenergieanlagen
im Gebiet Lichtenau
im Einflussbereich der militärischen
Radaranlage Auenhausen

19.12.2023

Gutachten Nr.: TEYYX-170/23

Auftraggeber:

Lichtenauer Bürgerwind GmbH & Co. KG
Lange Str. 14
33165 Lichtenau

Auftragnehmer:

Airbus Defence and Space GmbH
Airbus-Allee 1
28199 Bremen

Durchgeführt von:

Dipl.-Ing. (FH) Michael Gottschalk

*von der Handelskammer Bremen öffentlich bestell-
ter und vereidigter Sachverständiger für Hochfre-
quenz- und Signaturtechnik, insbesondere Störein-
flussanalysen für Windenergieanlagen*

unter Beteiligung von:

Dipl.-Ing. (FH) T.Bischoff

Tel.: +49.421.539-3020

Mobil: +49.170.269-9608

E-Mail: michael.gottschalk@airbus.com

Ausfertigung Nr.: - pdf -

Das Gutachten besteht aus den Seiten 1 bis 48.

Inhaltsverzeichnis:

1	Vorbemerkung zum Gutachten	3
2	Zielsetzung	4
3	Aufgabenbeschreibung	7
4	Referenzuntersuchung.....	8
5	Untersuchungsverfahren.....	12
6	Technische Analyse.....	15
6.1	Radartechnische Randbedingungen.....	18
6.2	Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen.....	22
6.3	Bewertung des Gesamteinflusses des Windparks	39
7	Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse	42
	Anhang A: Abkürzungen und Begriffe	48

1 Vorbemerkung zum Gutachten

Das vorliegende Gutachten fasst die Erkenntnisse und den technischen Stand der fachlichen Abstimmung mit den Entscheidungsträgern des Luftfahrtamtes der Bundeswehr, insbesondere der militärischen Flugsicherung bzw. des Radar-Einsatzführungsdienstes der Luftwaffe, zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes zusammen.

Das Gutachten dient zur Vorlage und als 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 Auenhausen.

Eine betriebliche Bewertung, die eine nichttechnische Folgenabschätzung für die Nutzer der Radarsysteme bedeutet bzw. ob mögliche Einflüsse zu betrieblich relevanten Störungen der Radarortungsanlagen führen, erfolgt im Rahmen dieser Untersuchung nicht, da hierzu u. a. eine sehr konkrete operationelle Bewertung der Aufgaben der Radarortungssysteme erforderlich ist.

Eine Überprüfung der Anforderungen der Hindernisfreiheit gemäß der ICAO - Convention Annex 14, die die grundsätzlich zulässige Bauhöhe von Objekten beliebiger Art festlegt, erfolgt im Rahmen des Gutachtens nicht. Diese ist für jeden Umgebungsort eines Flugplatzes festgelegt und unveränderlich. Sie dient dem Schutz von Luftfahrzeugen im Flug und steht nicht im Zusammenhang mit der radartechnischen Problematik, die Gegenstand des Gutachtens ist.

Nachstehend erfolgt zunächst die technische Bewertung für das Luftverteidigungsradar (LV-Radar) Auenhausen gemäß Kapitel 2 bis 6.

Die Gesamtbeurteilung der einzelnen Ergebnisse zum LV-Radar Auenhausen ist im Kapitel 7 dargestellt.

2 Zielsetzung

Die Analyse eines möglichen Störpotentials gegenüber dem Luftverteidigungsradarsystem in Auenhausen erfolgt für 13 geplante Windenergieanlagen. Als Vorbelastung wurden 188 Windenergieanlagen verschiedener Typen und Nabenhöhen berücksichtigt. Die geplanten Windenergieanlagen im Windpark Lichtenau befinden sich westlich des Radarstandortes Auenhausen in einer Entfernung von ca. 24,2 km. Die in der Untersuchung berücksichtigten Koordinaten der WEAs sind der Tabelle 9 zu entnehmen.

Im Rahmen der aktuellen Planung zu diesem Projekt erfolgt eine Bewertung anhand der geplanten sowie vorhandenen WEA im Hinblick auf die Störfreiheit gemäß den Forderungen zur Vermeidung von radarwirksamen Verschattungserscheinungen, die im Schwerpunkt für 3D-Radarsysteme relevant sind.

Dabei stützt sich eine Untersuchung zur Klärung der technischen Möglichkeiten im Hinblick auf die Sicherstellung der Erhaltung der heutigen (Stör-) Situation bzw. zur Klärung des zu erwartenden veränderten Störpotentials durch die neu geplanten Windenergieanlagen auf vergleichbare Vorhaben in der Umgebung von Radarortungsanlagen zur Luftverteidigung ab. In der vorliegenden Untersuchung werden die technischen Betriebsparameter der Radarortungsanlage Auenhausen, die einer Sicherheitseinstufung unterliegen, zu Grunde gelegt. Eine ausführliche Beschreibung der technischen Betriebsparameter und Aufgabenstellungen des Systems erfolgt aus diesem Grund nicht.

Die Beurteilung möglicher Störeinflüsse von Windenergieparks und Windenergieanlagen erfolgt daher unter folgenden Kriterien für 3D-Radarsysteme:

- Messtechnisch feststellbare Radarverschattungen durch die geplanten WEA
- Gerichtete Reflexionen
- Streufelderscheinungen, insbesondere infolge von Wechselwirkungen zwischen benachbarten Windenergieanlagen

- Bewertung der Streufeldintensität für einzelne WEA wie auch für mehrere WEA unter Berücksichtigung deren Wechselwirkung
- Messtechnisch feststellbare Radarverschattungen durch die geplanten WEA im Falle der notwendigen Berücksichtigung vorhandener räumlich vor- oder nachgelagerter WEA im Hinblick auf 3D-Radarsysteme
- Konkrete Parameter des LV-Radarsystems: Antennenposition, Antennenhöhe, Azimutauflösung, Betriebsfrequenzbereich
- Anforderungen der DFS (Deutsche Flugsicherung) sowie der Bundeswehr zur Vermeidung radarwirksamer Verschattungen bei Primärradaren

Berücksichtigt sind weiter die Referenzuntersuchungen gemäß Kapitel 4.

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 von Random-Traffic-Aufzeichnungen sowie Feldvermessungsberichte 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.

Es sei darauf hingewiesen, dass eine Minderung der messtechnisch mit Hilfe von 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 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.

Dieses Verfahren basiert auf den messtechnischen Untersuchungen der Referenzuntersuchungen gemäß Kapitel 4 und stellt den validierten Zusammenhang zwischen der ermittelten Änderung des elektromagnetischen Ausbreitungsfeldes und der Zielgröße des Radarortungssystems dar.

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

Es wurden die folgenden Detail-Untersuchungen durchgeführt:

Für den Windpark Lichtenau sind 13 Windenergieanlagen vom Typ ENERCON E-175 mit 162 m Nabenhöhe geplant. Als Vorbelastung wurden 188 Windenergieanlagen verschiedener Typen und Nabenhöhen berücksichtigt.

Für diese Windenergieanlagen wurde der Einfluss der geplanten Situation unter radartechnischen Aspekten sowie unter Beachtung der topografischen Bedingungen geprüft. Auf dieser Grundlage erfolgen Rückschlüsse zu den Wechselwirkungen zwischen den vorhandenen und künftigen Einflüssen auf das Radarsystem unter den vorgenannten technischen Aspekten.

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.

3 Aufgabenbeschreibung

Westlich des Radarstandortes Auenhausen ist in ca. 24,2 km Entfernung die Errichtung von 13 Windenergieanlagen vom Typ ENERCON E-175 mit 162 m Nabenhöhe geplant. Als Vorbelastung wurden 188 Windenergieanlagen verschiedener Typen und Nabenhöhen berücksichtigt.

Geplante Anlagen:

Der geplante Anlagentyp ENERCON E-175 hat eine horizontale Ausdehnung der Naben- und Generator konstruktion von maximal ca. 19,85 m. Die Höhe kann mit maximal 6,1 m angegeben werden. Der Querschnitt des Turms als Stahlurm oder Stahlbetonturm am Anschluss zur Gondel ist mit ca. 4,04 m angegeben. Der Rotordurchmesser beträgt ca. 175 m. Die ermittelten Ergebnisse in diesem Gutachten behalten auch bei einem ggf. kleineren Rotordurchmesser ihre Gültigkeit ohne Einschränkungen.

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 folgenden Reichweitenminderungen zu erarbeiten und (soweit erforderlich) Maßnahmen zu deren Beseitigung und deren Wirksamkeit aufzuzeigen.

4 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. Diese messtechnische Kampagne diente der Überprüfung des Zusammenhangs zwischen den durch Analyseverfahren ermittelbaren Änderungen des elektromagnetischen Ausbreitungsfeldes und der Zielgröße Erfassungswahrscheinlichkeit des Radarortungssystems.
- 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. Diese messtechnische Kampagne diente der Überprüfung des Zusammenhangs zwischen den durch Analyseverfahren ermittelbaren Änderungen des elektromagnetischen Ausbreitungsfeldes und der Zielgröße Erfassungswahrscheinlichkeit des Radarortungssystems.
 - 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 EFFECs 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) Abschlussbericht: Einfluss von Hindernissen auf HF-gestützte Führungsmittel vom 15.02.2004
- 16) Feldstudie RAF AWC „ The Effects of Wind turbine Farms on ATC Radar“ vom 10.05.2005
- 17) Messtechnische Untersuchung durch EADS an Rotorblättern und Bauweisen im Auftrag eines Windenergieanlagen-Herstellers zur Ermittlung von reflexionsdämpfenden Möglichkeiten aus 2003
- 18) Messtechnische RQS-Untersuchung einer WEA vom Typ Enercon E66 durch Fa. Qinetiq, Großbritannien aus 2003
- 19) Besprechung und Vortrag bei „Eurocontrol / Wind energy task group“ vom 01.03.2006 „Potential effects of wind turbines and justiciable solutions“
- 20) Guidelines on How to Assess the Potential Impact of Wind Turbines on Surveillance Sensors“, Version 0.15 vom 30.Juni 2009
- 21) EADS Erkenntnisse aus messtechnischen Untersuchungen der Luftwaffe zum Einfluss von Windenergieanlagen auf die Erfassungen von Flugzielen am Beispiel einer 3D-Radaranlage zur Luftverteidigung aus 2011
- 22) Sondervermessung des Radars Auenhausen zum Einfluss von Windenergieanlagen – nicht öffentlich – im Auftrag des Einsatzführungsdienstes der Luftwaffe, Ausfertigung Januar 2013. Diese messtechnische Kampagne diente der Überprüfung des Zusammenhangs zwischen den durch Analyseverfahren ermittelbaren Änderungen des elektromagnetischen Ausbreitungsfeldes und der Zielgröße Erfassungswahrscheinlichkeit des Radarortungssystems.
- 23) Berichte zu Feldvermessungen verschiedener Radargerätetypen zur Lage und Radarsicht an verschiedenen Radarstandorten, Bericht zwischen 2008 und 2016

- 24) Besprechung im Luftfahrtamt der Bundeswehr zur Bewertung von WEA vom 05. und 06.02.2018
- 25) Besprechung im Luftfahrtamt der Bundeswehr zur Bewertung von WEA im Zusammenhang mit dem Störzellentool vom 26.11. 2019

Neuere messtechnische Untersuchungen konzentrieren sich auf vergleichende Detailuntersuchungen zu konkreten Bestandsparks, werden daher nicht explizit aufgeführt und dienen der Verifikation der Ergebnisse der genannten Grundlagenuntersuchungen.

5 Untersuchungsverfahren

Das eingesetzte numerische Untersuchungsverfahren zur Strahlungsfeldanalyse im Raum basiert bzgl. der Nachbildung der Windenergieanlagen 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 der Bauwerke bzw. 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. Die Ergebnisse der Feldverteilung bzw. der Feldintensitäten liegen für alle analysierten Richtungsbereiche der WEA-Anordnungen im dreidimensionalen Raum vor. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Schwerpunkt auf einen sehr niedrigen Elevationswinkel (Höhenwinkel) von $+0,3^\circ$ gelegt.

Die Objektstrukturen der untersuchten Bauwerke, wie WEA, Strommasten oder andere 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. Die Rotororientierung wird hierbei so gewählt, dass die Rotorachse auf den Radarsensor zeigt. Damit sind zusätzlich die ungünstigsten Randbedingungen, die sich bei wechselnden Windrichtungen 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, ausgehend von der 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 Polarisierung 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 berücksichtigt.

Durch diese Änderungen der genaueren Nachbildung der zu untersuchenden Szenarien ergibt sich für die WEA-Anordnungen und das Referenzgebiet gegenüber älteren Untersuchungen ein anderes Pegelniveau.

Die Ergebnisse auf Grundlage der Geländeaufbereitung in früheren Untersuchungen stellen eine sehr konservative Berechnung einer Worst-Case-Betrachtung dar, bei der die Einflüsse des Geländes sowie die Erdkrümmung nicht im vollen Umfang mitberücksichtigt wurden.

Anmerkung:

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.

6 Technische Analyse

Die nachstehenden Untersuchungen zur Beurteilung des Einflusses von WEA auf das Radarstrahlungsfeld wurden unter Berücksichtigung der Generatorbauform, den vorhandenen Blitzschutzkonzepten, der Turmdimensionierung und den Nabenhöhen durchgeführt. Ein geringfügig größerer Rotordurchmesser bewirkt keine Abweichungen von den nachfolgenden Analyseergebnissen.

Abbildung 1 gibt die untersuchten Kubaturen der Naben- und Generatorbauformen der geplanten Dimensionen wieder. Die Maximalabmessungen der nachgebildeten Generatorgondeln sowie die Durchmesser des jeweiligen oberen Turmanschlusses sind angegeben.

Die Abbildung 2 zeigt eine Luftaufnahme der berücksichtigten geplanten WEAs im Windpark Lichtenau sowie die Vorbelastung bezüglich der Radaranlage Auenhausen.

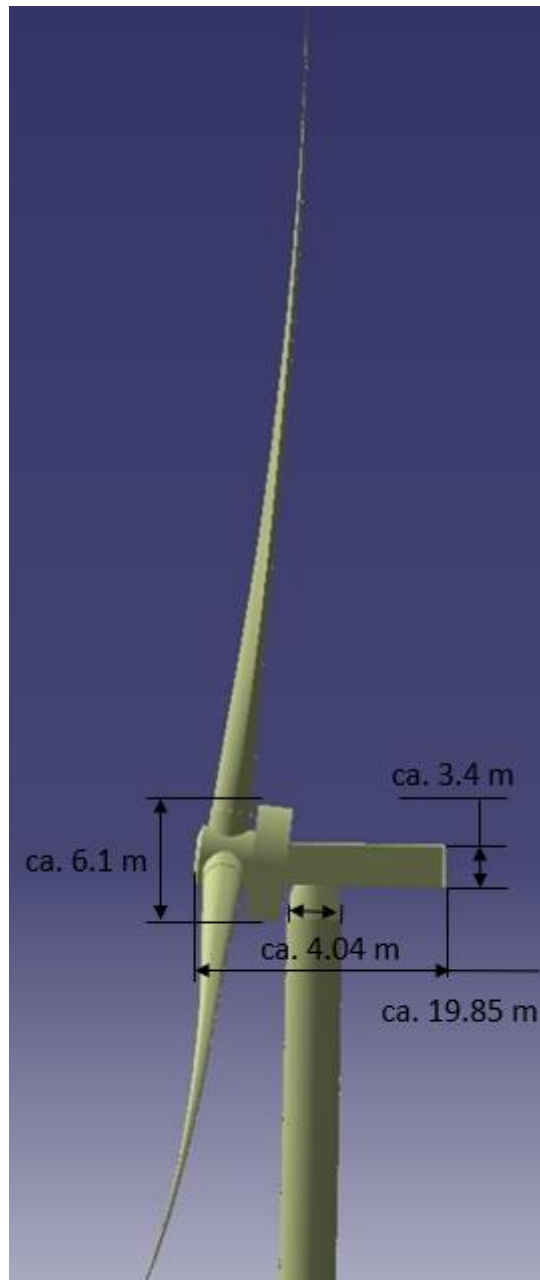


Abbildung 1: Schematische Objektgeometrie für die geplante WEA-Bauform ENERCON E-175 mit ca. 175 m Rotor

6.1 Radartechnische Randbedingungen

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 Radarortungsanlage zeigende Verschattungswirkung.

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

Die nachstehende Abbildung 3 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 der Abbildung 5 sind die Grundlage für die Untersuchungen.

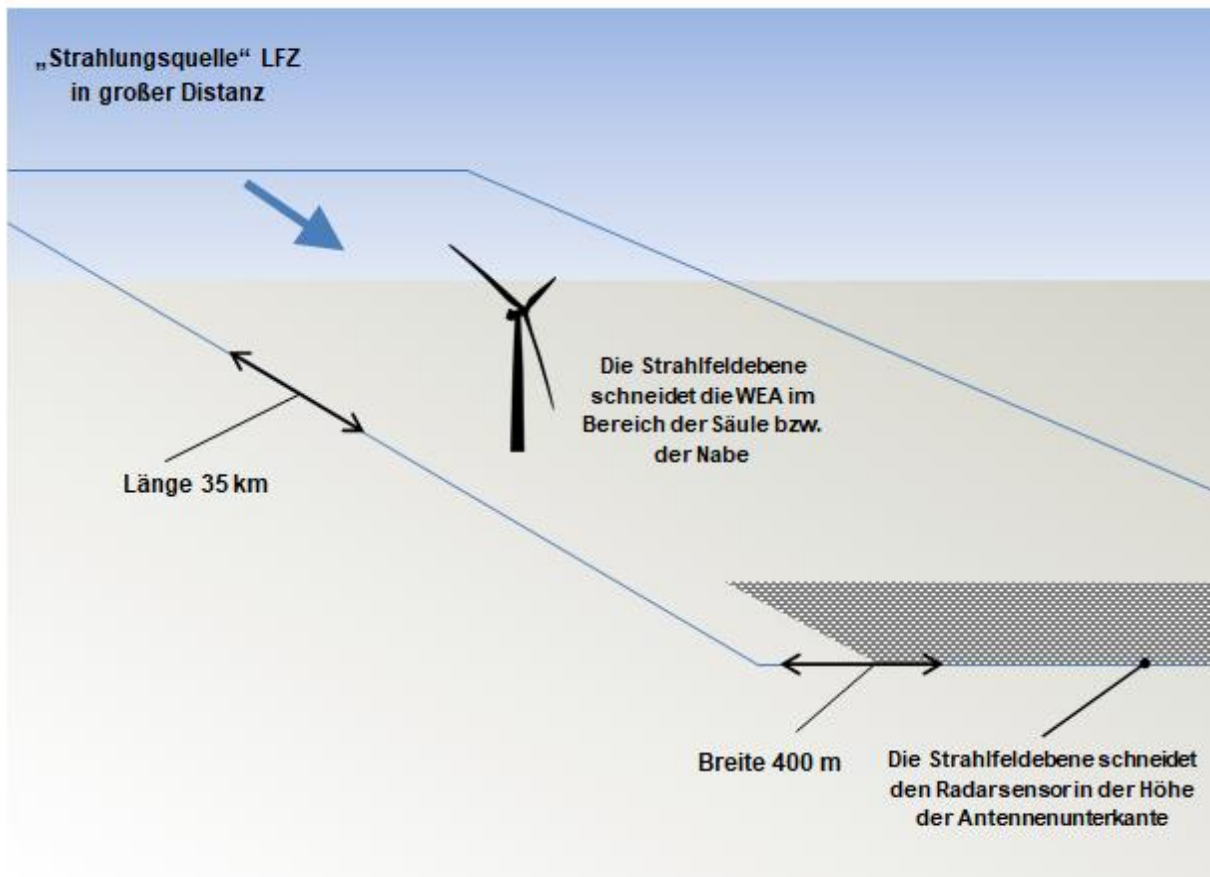


Abbildung 3: Anordnung von Radar und WEA sowie Lage des in dieser Untersuchung dargestellten Luftraums mit einer Ausdehnung von (hier) 35 km x 400 m Breite. Das Lfz wird in einer Distanz von bis zu 130 NM angenommen.
– schematische Darstellung –

Untersucht wird das gesamte elektromagnetische Ausbreitungsfeld, das vom erfassten Lfz in großer Distanz zurück zur Radaranlage zeigt (Sekundärpfad). Bildhaft dargestellt ist in der vorliegenden Untersuchung, wenn nicht anders angegeben, stets ein Feldgebiet für den Sekundärpfad im Streckenabschnitt vor der Radaranlage, das das vom Lfz reflektierte Signal zur Radaranlage bis 35 km Längenausdehnung und in einer Breite von 400 m darstellt. Der grau dargestellte Ausschnitt des Feldgebietes wird zusätzlich mehreren Detailanalysen als Variationsrechnung unterzogen, um eine ausreichende Datenbasis für die zu erwartenden Einflüsse auf die Empfangsverhältnisse des Radarsensors zu erhalten.

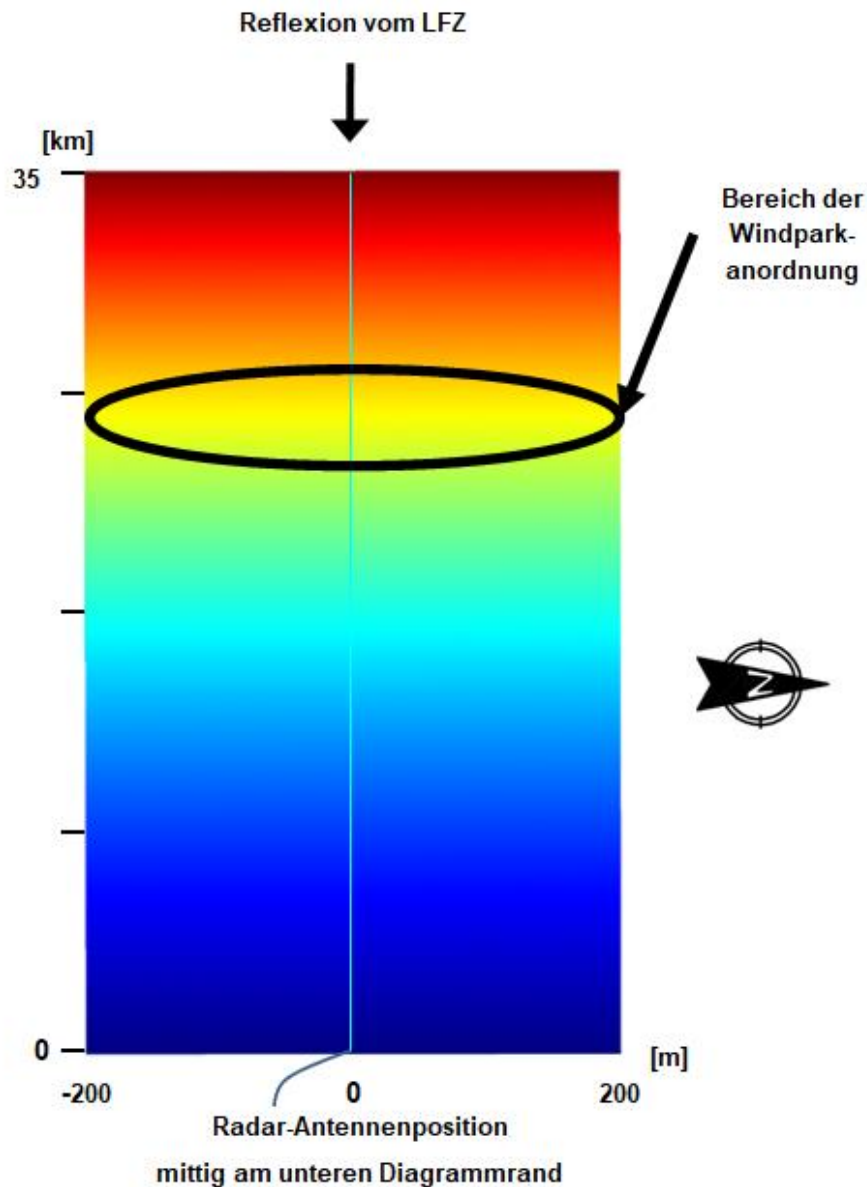


Abbildung 4: Feldgebiet von 35 km x 400 m in der Übersicht (schematische Übersicht für das Radar Auenhausen)

Das Untersuchungsgebiet ist in der Übersicht dargestellt. Der Feldstärkeverlauf ist farblich in verschiedenen Abstufungen angegeben. Der Ort der Windparkplanung wurde in Abbildung 4 schematisch in der geplanten Distanz zu den Radarsystemen als schwarze Ellipse gekennzeichnet. Die Distanz der geplanten zukünftigen WEA-Anordnung zum Radar Auenhausen liegt bei ca. 24,2 km.

Die Abbildung 5 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 in Auenhausen gilt für den Fall ohne WEA im Rahmen der Simulation zum Strahlungsfeld der Referenzwert von:

-13,4 dBV/m (normierte Empfangsfeldstärke)

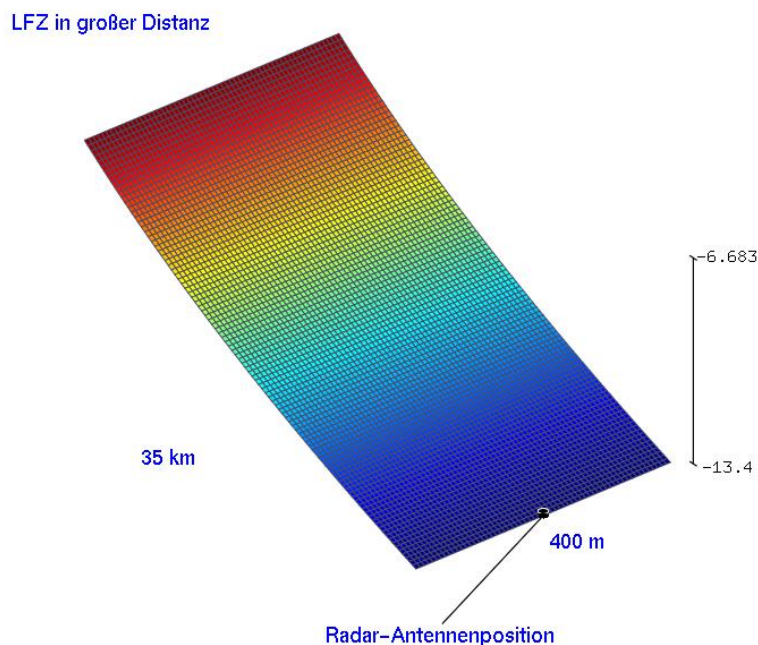


Abbildung 5: Das dargestellte Raumgebiet mit einer Elevation von $+0,3^\circ$ ohne WEA-Einfluss in der Konturdarstellung für die Betriebsfrequenz des Radars Auenhausen

Die nachfolgenden Untersuchungsergebnisse gemäß Kapitel 6.2 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.

6.2 Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen

Die Nachbildung der geplanten Windenergieanlagen vom Typ ENERCON E-175 erfolgt gemäß der Abbildung 1. Die Strahlungsfeldanalyse erfolgt für die nachfolgend angegebenen Anlagentypen und Standortkombinationen.

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.

Topologisch verschattete Anlagen wurden in den Analysen nicht berücksichtigt.

- **Anordnung A1** der geplanten Situation gemäß Tabelle 1. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 17,98 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

A1					
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]	
WEA 10a	Pfleiderer PWE 650/75	75	11684,84	0	
WEA 1a	Pfleiderer PWE 650/75	75	11348,15	0,2425	
WEA 20	ENERCON E-175	162	24551,43	0,3967	
WEA 7a	Pfleiderer PWE 650/75	75	11070,43	0,2052	
WEA 14a	Pfleiderer PWE 650/75	75	11766,29	0,0073	
41884-22 (09)	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	28675,02	0,1988	
41884-22 (04)	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	29559,04	0,0655	
41885-22 (07)	Enercon E-160 EP5 E 3	166,6	29055,59	0,0902	
WEA 9a	Pfleiderer PWE 650/75	75	11250,25	0,0624	
WEA 6a	Pfleiderer PWE 650/75	75	10834,46	0,0374	
			17979,55		

Tabelle 1: Teilanordnung der geplanten Situation (A1)

- **Anordnung A2** der geplanten Situation gemäß Tabelle 2. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 22,69 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

A2					
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]	
41884-22 (09)	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	28675,02	0	
41884-22 (04)	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	29559,04	0,0655	
41885-22 (07)	Enercon E-160 EP5 E 3	166,6	29055,59	0,0902	
WEA 9a	Pfleiderer PWE 650/75	75	11250,25	0,0624	
WEA 6a	Pfleiderer PWE 650/75	75	10834,46	0,0374	
40298-16,40498-19(1)	Enercon E-115	149,08	28258,53	0,0505	
WEA 5a	Pfleiderer PWE 650/75	75	10638,29	0,1052	
WEA 13a	Pfleiderer PWE 650/75	75	11796,59	0,0495	
41885-22 (01)	EnerCon E-160 EP5 E3	166,6	29798,82	0,1551	
41885-22 (06)	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	29310,46	0,0917	
WEA 8a	Pfleiderer PWE 650/75	75	11038,84	0,0935	
40298-16,41159-19(2)	Enercon E-115	149,08	28000,02	0,0193	
WEA 16	ENERCON E-175	162	24226,81	0,0056	
WEA 2a	Pfleiderer PWE 650/75	75	11399,69	0,0916	
41884-22 (11)	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	28389,49	0,0939	
40298-16,41830-17(3)	Enercon E-115	149,08	27730,83	0,0725	
40786-22 (08)	Nordex N163/6.X	164	28871,63	0,0546	
40784-22 (WEA 02)	Enercon E-160 EP5 E2	166,6	29610,16	0,1167	
			22691,36		

Tabelle 2: Teilanordnung der geplanten Situation (A2)

- **Anordnung A3** der geplanten Situation gemäß Tabelle 3. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 22,99 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

A3					
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]	
41885-22 (06)	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	29310,46	0	
WEA 8a	Pfleiderer PWE 650/75	75	11038,84	0,0935	
40298-16,41159-19(2)	Enercon E-115	149,08	28000,02	0,0193	
WEA 16	ENERCON E-175	162	24226,81	0,0056	
WEA 2a	Pfleiderer PWE 650/75	75	11399,69	0,0916	
41884-22 (11)	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	28389,49	0,0939	
40298-16,41830-17(3)	Enercon E-115	149,08	27730,83	0,0725	
40786-22 (08)	Nordex N163/6.X	164	28871,63	0,0546	
40784-22 (WEA 02)	Enercon E-160 EP5 E2	166,6	29610,16	0,1167	
WEA 11a	Pfleiderer PWE 650/75	75	11837,32	0,1429	
WEA 3a	Pfleiderer PWE 650/75	75	11177,69	0,1342	
WEA 12a	Pfleiderer PWE 650/75	75	10750,71	0,0301	
42019-15 (3)	Enercon E-115	149,08	19884,81	0,0095	
WEA 1	ENERCON E-101	135,4	23877,89	0,0501	
40372-14,42339-19(1)	Enercon E 115	149	20668,65	0,0064	
42233-20	Enercon E-138 EP3 E2	110,13	29184,44	0,0192	
41885-22 (13)	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	28074,71	0,0126	
41884-22 (10)	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	28521,7	0,0066	
WEA 11	ENERCON E-115	149,08	24462,07	0,0525	
WEA 4a	Pfleiderer PWE 650/75	75	10908,48	0,0238	
42110-22	Vensys V-126	136,9	30045,98	0,0026	
40210-23	Vestas V-162	282	29116,31	0,0101	
WEA 17	ENERCON E-175	162	25105,26	0,0563	
41885-22 (03)	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	29518,81	0,2135	
			<u>22988,03</u>		

Tabelle 3: Teilanordnung der geplanten Situation (A3)

- **Anordnung A4** der geplanten Situation gemäß Tabelle 4. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 24,51 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

A4				
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
41885-22 (03)	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	29518,81	0
42019-15 (2)	Enercon E-115	149,08	20123,81	0,1321
WEA 15	ENERCON E-175	162	23472,26	0,1427
41564-22	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	30011,32	0,0171
3258-94-01 A	MICON M 1500	45	20604,22	0,0047
41884-22 (15)	Enercon E-160 EP5 E3	166,6	27718,8	0,0081
01082-10-14A	Enercon E-53	73,25	28899,78	0,0168
40422-16,40501-19	Enercon E-115	149,08	28524,81	0,0096
40372-14 (4)	Enercon E 115	149	19351,82	0,0026
41304-16,40410-17	Enercon E-115	149,08	21008,83	0,0058
WEA 2	ENERCON E-101	149	24207,56	0,0845
3258-94-01 B	MICON M 750	35	20492,44	0,0644
41884-22 (12)	Enercon EP5 E3	166,6	28153,95	0,0203
40572-21 (05)	Enercon E-138 EP3 E2	160	29224,66	0,0108
832-95	NORDEX N 29	50	31177,74	1E-04
40482-14	Enercon E 82 E 2	108,38	20392,38	0,1886
42019-15 (5)	Enercon E-115	149,08	19671,92	0,0147
01082-10-14B	Enercon E-53	73,25	28586,26	0,215
01082-10-14C	Enercon E-53	73,25	28346,59	0,1153
40468-18	Enercon E-53 E2	73,25	21574,49	0,0016
42118-15,40502-19(1)	Enercon E-115	149,08	29395,46	0,0075
WEA 10	ENERCON E-101	135,4	23607,24	0,0344
41046-23	Enercon E-138 EP3 E2	160	20711,88	0,0051
02546-13-14 (7)	Enercon E 92	138,38	21285,74	0,02
WEA 22	ENERCON E-175	162	25257,33	0,0746
41128-22	Vensys V82	100	20204,55	0,0134
WEA 3	ENERCON E-101	149	24352,27	0,0142
40041-21 (V)	E-82	108,38	20510,64	0,0018
			<u>24513,84</u>	

Tabelle 4: Teilanordnung der geplanten Situation (A4)

- **Anordnung A5** der geplanten Situation gemäß Tabelle 5. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 22,96 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

A5				
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
01082-10-14B	Enercon E-53	73,25	28586,26	0
01082-10-14C	Enercon E-53	73,25	28346,59	0,1153
40468-18	Enercon E-53 E2	73,25	21574,49	0,0016
42118-15,40502-19(1)	Enercon E-115	149,08	29395,46	0,0075
WEA 10	ENERCON E-101	135,4	23607,24	0,0344
41046-23	Enercon E-138 EP3 E2	160	20711,88	0,0051
02546-13-14 (7)	Enercon E 92	138,38	21285,74	0,02
WEA 22	ENERCON E-175	162	25257,33	0,0746
41128-22	Vensys V82	100	20204,55	0,0134
WEA 3	ENERCON E-101	149	24352,27	0,0142
40041-21 (V)	E-82	108,38	20510,64	0,0018
42118-15,40502-19(2)	Enercon E-115	149,08	28735,41	0,1601
40298-16,40499-19(4)	Enercon E-115	149,08	27524,79	0,0111
40865-17, 41417-19	Enercon E-126 EP3	135	28065,31	0,0496
40072-16,41250-14(1)	Enercon E-92	138,38	19959,78	0,0019
02546-13-14 (6)	Enercon E 92	138,38	21762,59	0,0468
WEA 5H	Enercon E-40	50	1527,65	0,1506
3156-92 B	NORDEX N 250	40	20270,81	0,0529
1748-97-03	ENERCON E 40	65	21068,48	0,0317
41884-22 (14)	Enercon E-138 EP3 E2	160	27789,56	0,0376
1968-94-01	TACKE TW 600	50	19842,98	0,0014
WEA 9	ENERCON E-115	149,08	23859,64	0,0038
40099-23	Vensys 82	100	21407,75	0,1066
41250-14(2),41839-15	Enercon E 92	138,38	20280,91	0,029
3156-92 A	NORDEX N 250	40	20336,12	0,074
40297-16,40500-19(5)	Enercon E-82 E2	108,38	27411,5	0,002
2738-97-01	NORDEX N 43	50	19627,39	0,0546
1067-97-01	ENERCON E 40	65	19985,01	0,0063
41067-23 (WEA1)	Enercon E-175 EP5	162	29769,51	0,0108
WEA 4	ENERCON E-101	149	24352,14	0,0264
WEA 23	ENERCON E-175	162	24893,95	0,0187
42118-15,40173-19(5)	Enercon E-115	149,08	28185,68	0,0024
02546-13-14 (4)	Enercon E 92	138,38	20696,46	0,0354
1749-97-03	ENERCON E 40	65	21031,34	0,0198
02546-13-14 (1)	Enercon E 92	138,38	21259,82	0,029
			<u>22956,49</u>	

Tabelle 5: Teilanordnung der geplanten Situation (A5)

- **Anordnung A6** der geplanten Situation gemäß Tabelle 6. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 23,19 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

A6				
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
41250-14(2),41839-15	Enercon E 92	138,38	20280,91	0
3156-92 A	NORDEX N 250	40	20336,12	0,074
40297-16,40500-19(5)	Enercon E-82 E2	108,38	27411,5	0,002
2738-97-01	NORDEX N 43	50	19627,39	0,0546
1067-97-01	ENERCON E 40	65	19985,01	0,0063
41067-23 (WEA1)	Enercon E-175 EP5	162	29769,51	0,0108
WEA 4	ENERCON E-101	149	24352,14	0,0264
WEA 23	ENERCON E-175	162	24893,95	0,0187
42118-15,40173-19(5)	Enercon E-115	149,08	28185,68	0,0024
02546-13-14 (4)	Enercon E 92	138,38	20696,46	0,0354
1749-97-03	ENERCON E 40	65	21031,34	0,0198
02546-13-14 (1)	Enercon E 92	138,38	21259,82	0,029
42118-15 (03)	Enercon E-115	149,08	29019,61	0,1271
611-97-01	ENERCON E 40	65	19839,08	0,0358
41018-16	Enercon E-53	73,25	20318,86	0,1241
WEA 21	ENERCON E-175	162	25311,17	0,0475
2735-97-01 B	NORDEX N 43	50	19349,16	0,0604
02546-13-14 (2)	Enercon E 92	138,38	21808,56	0,0686
1687-96-01	ENERCON E 40	65	19989,18	0,0045
2822-97-03	ENERCON E 30	50	21590,41	0,0082
42420-14,41318-17	Enercon E-53	60	21246,36	0,0149
42118-15 (07)	Enercon E-115	149,08	27401,4	0,0264
41261-21 (11)	Enercon E-138 EP3 E2	160	20842,55	0,1064
2735-97-01 A	NORDEX N 43	50	19401,62	0,0079
42118-15 (12)	Enercon E-115	149,08	29302,41	0,0183
41067-23 (WEA2)	Enercon E-175 EP5	162	29905,11	0,0024
WEA 8	ENERCON E-82	138,38	23839,96	0,0108
WEA 5	ENERCON E-115	149,1	24391,47	0,0122
42234-16,41026-18(10)	Enercon E-115	135,48	20145,71	0,0291
1602-95-03	VESTAS V44 - 600	55	21335,03	0,0517
42118-15 (06)	Enercon E-115	149,08	28177,35	0,0399
2738-96-01	ENERCON E 40	65	19645,95	0,0003
42118-15 (09)	Enercon E-115	149,08	26798,15	0,0116
2422-96-10	ENERCON E 40	65	20412,07	0,0967
42118-15 (04)	Enercon E-115	149,08	28659,14	0,0369
1754-97-10	ENERCON E 40	65	21551,71	0,1093
2737-97-01	NORDEX N 43	50	19813,35	0,0065
			<u>23187,17</u>	

Tabelle 6: Teilanordnung der geplanten Situation (A6)

- **Anordnung A7** der geplanten Situation gemäß Tabelle 7. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 22,26 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

A7				
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
42118-15 (06)	Enercon E-115	149,08	28177,35	0
2738-96-01	ENERCON E 40	65	19645,95	0,0003
42118-15 (09)	Enercon E-115	149,08	26798,15	0,0116
2422-96-10	ENERCON E 40	65	20412,07	0,0967
42118-15 (04)	Enercon E-115	149,08	28659,14	0,0369
1754-97-10	ENERCON E 40	65	21551,71	0,1093
2737-97-01	NORDEX N 43	50	19813,35	0,0065
584-97-10	ENERCON E 40	65	21188,49	0,0164
3673-97-01	ENERCON E 40	65	19517,08	0,1156
41493-16	Enercon E 126	158,95	26163,38	0,1666
WEA 6	ENERCON E-115	149,08	24206,83	0,0139
2259-97-01	ENERCON E 40	65	19671,19	0,0309
40944-23	Enercon E-92	138,38	20741,24	0,0063
40628-21	Enercon E-92	138,38	21349,76	0,0011
2427-96-10	ENERCON E 40	65	20156,4	0,0388
1806-96-10 B	ENERCON E 40	65	19944,29	0,0116
WEA 18	ENERCON E-175	162	23342,05	0,027
WEA 12	ENERCON E-175	162	24716,41	0,0083
02546-13-14 (3)	Enercon E 92	138,38	21823,39	0,0178
42118-15 (08)	Enercon E-115	135,48	27588,68	0,0197
42428-14	Enercon E-82 E2	108,38	20349,33	0,0365
WEA 24	ENERCON E-175	162	22714,14	0,0042
3030-96-10	AN BONUS 600 / 44	58	20932,77	0,0732
WEA 7	ENERCON E-115	149,08	23750,27	0,0414
42118-15 (11)	Enercon E-115	149,08	27036,22	0,0094
1743-97-10	ENERCON E 40	65	21545,19	0,053
3031-96-10	AN BONUS 600 / 44	58	21201,82	0,0499
2988-97-10	SÜDWIND N 3127	50	20514,28	0,0651
2251-97-10	ENERCON E 66	66,8	20276,87	0,0656
1806-96-10 A	ENERCON E 40	65	19824,19	0,0548
1640-96-10	ENERCON E 40	65	21667,24	0,0798
446-97-10	AN BONUS 600 / 44	58	20666,38	0,0016
2424-96-10	ENERCON E 40	65	21802,31	0,0401
40148-23	Enercon E-92	138,38	21274,36	0,0095
40431-16,41026-18(8)	Enercon E-115	149,08	20060,95	0,0009
			<u>22259,52</u>	

Tabelle 7: Teilanordnung der geplanten Situation (A7)

- **Anordnung A8** der geplanten Situation gemäß Tabelle 8. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 21,90 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

A8				
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
3031-96-10	AN BONUS 600 / 44	58	21201,82	0
2988-97-10	SÜDWIND N 3127	50	20514,28	0,0651
2251-97-10	ENERCON E 66	66,8	20276,87	0,0656
1806-96-10 A	ENERCON E 40	65	19824,19	0,0548
1640-96-10	ENERCON E 40	65	21667,24	0,0798
446-97-10	AN BONUS 600 / 44	58	20666,38	0,0016
2424-96-10	ENERCON E 40	65	21802,31	0,0401
40148-23	Enercon E-92	138,38	21274,36	0,0095
40431-16,41026-18(8)	Enercon E-115	149,08	20060,95	0,0009
41495-16	Enercon E 126 EP4	158,95	25956,19	0,0533
WEA 13	ENERCON E-175	162	24333,02	0,0876
292-98-10	SÜDWIND S. 46	74	21416,48	0,0074
41529-20	Nordex N 163	164	20873,84	0,0371
1034-96-10 B	ENERCON E 40	65	20794,25	0,0633
WEA 14	ENERCON E-175	162	23892,71	0,1026
1034-96-10 A	ENERCON E 40	65	20952,76	0,0598
1447-96-10	ENERCON E 40	65	20484,81	0,051
WEA 19	ENERCON E-175	162	22896,69	0,0138
436-96	ENERCON 40	65	20124,98	0,056
2989-97-10	SÜDWIND S. 46	74	21144,57	0,0049
41910-16	Enercon E-82 E2	138,38	21766,91	0,0015
41017-23	Enercon E53	73,25	20810,56	0,1728
42458-17 (02)	Siemens SWT DD 142	129	29604,95	0,1124
41496-16	Enercon E 126 EP4	158,95	26067,65	0,0973
40349-13,41937-18(1)	Enercon E 101	149	21483,19	0,0104
40079-15, 41486-15	Enercon E-115	149,08	21116,79	0,0519
01640-13-14	Enercon E 92	103,9	20266,43	0,0007
			<u>21899,08</u>	

Tabelle 8: Teilanordnung der geplanten Situation (A8)

Abbildung 6 bis Abbildung 13 geben für die Betriebsfrequenz der militärischen Radaranlage Auenhausen die Ergebnisse der **künftigen Situation** für die Anordnungen mit den geplanten Windenergieanlagen wieder.

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

Anordnung A1 der geplanten Situation gemäß Tabelle 1. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 17,98 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

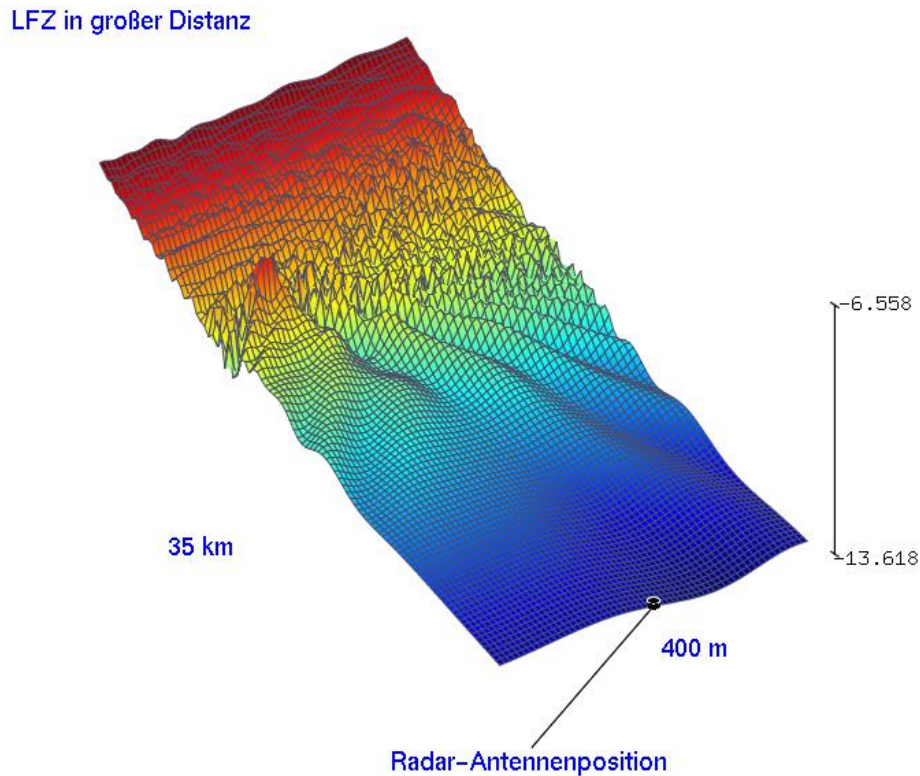


Abbildung 6: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Anordnung A1 im Einflussbereich der Radaranlage Auenhausen

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 6 mit $-13,618$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

97,52 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar, das Kriterium ist erfüllt.

Anordnung A2 der geplanten Situation gemäß Tabelle 2. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 22,69 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

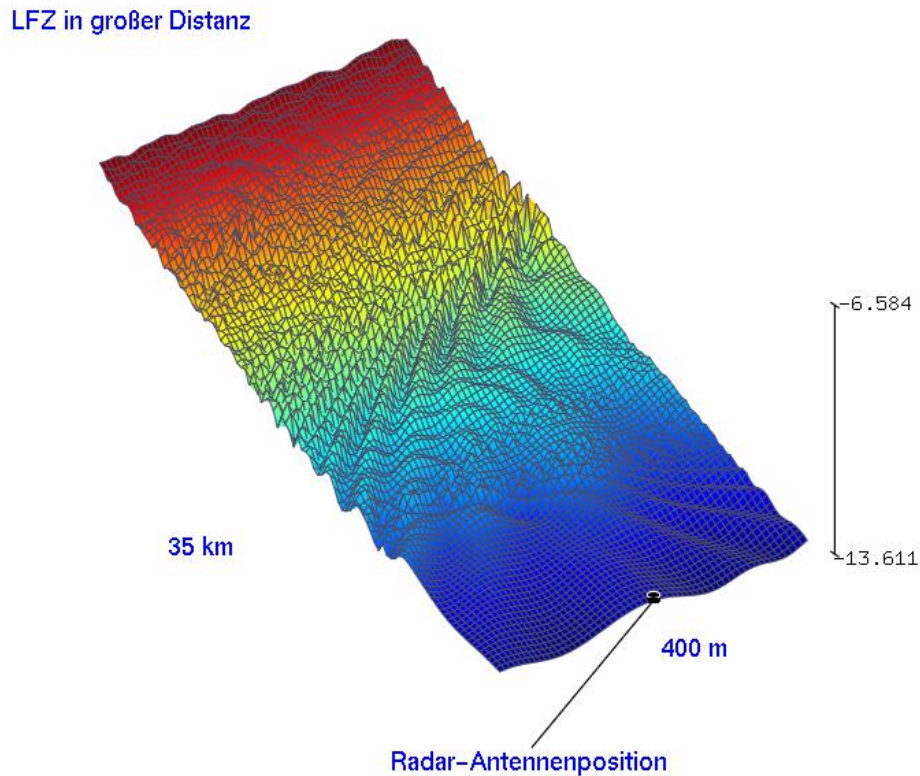


Abbildung 7: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Anordnung A2 im Einflussbereich der Radaranlage Auenhausen

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 7 mit -13,611 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

97,60 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar, das Kriterium ist erfüllt.

Anordnung A3 der geplanten Situation gemäß Tabelle 3. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 22,99 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

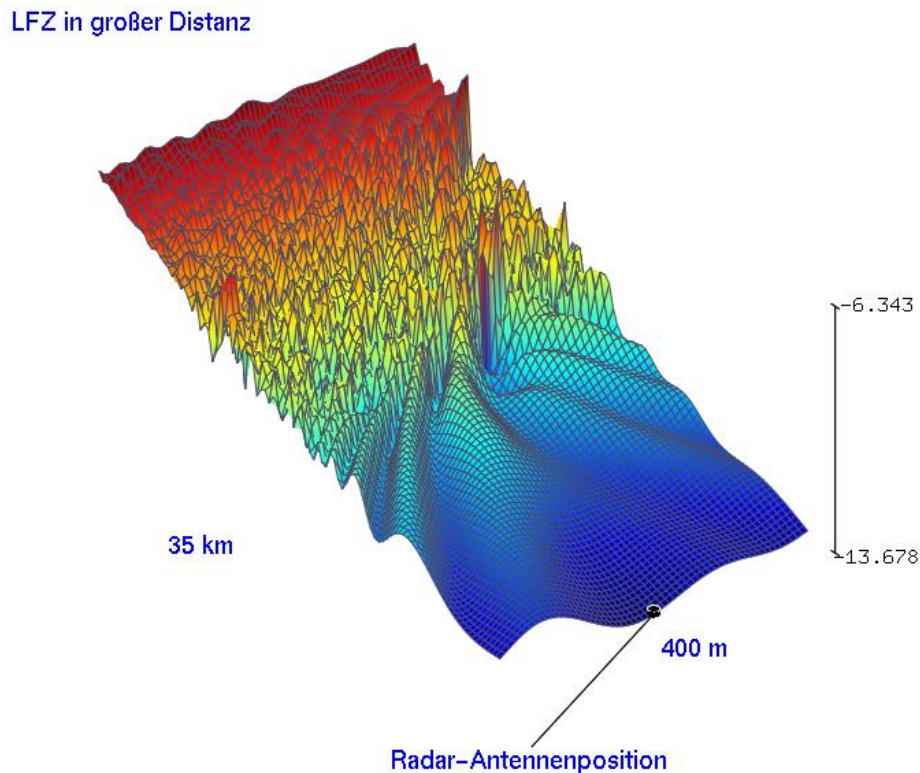


Abbildung 8: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Anordnung A3 im Einflussbereich der Radaranlage Auenhausen

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 8 mit -13,678 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

96,85 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar, das Kriterium ist erfüllt.

Anordnung A4 der geplanten Situation gemäß Tabelle 4. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 24,51 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

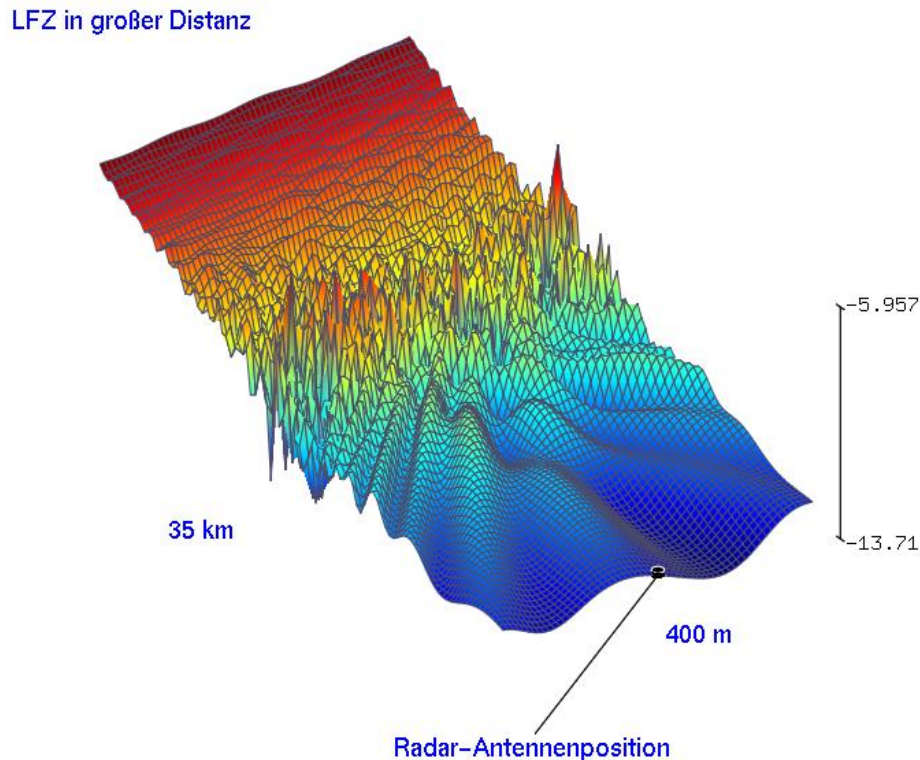


Abbildung 9: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Anordnung A4 im Einflussbereich der Radaranlage Auenhausen

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 9 mit -13,71 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

96,49 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar, das Kriterium ist erfüllt.

Anordnung A5 der geplanten Situation gemäß Tabelle 5. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 22,96 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

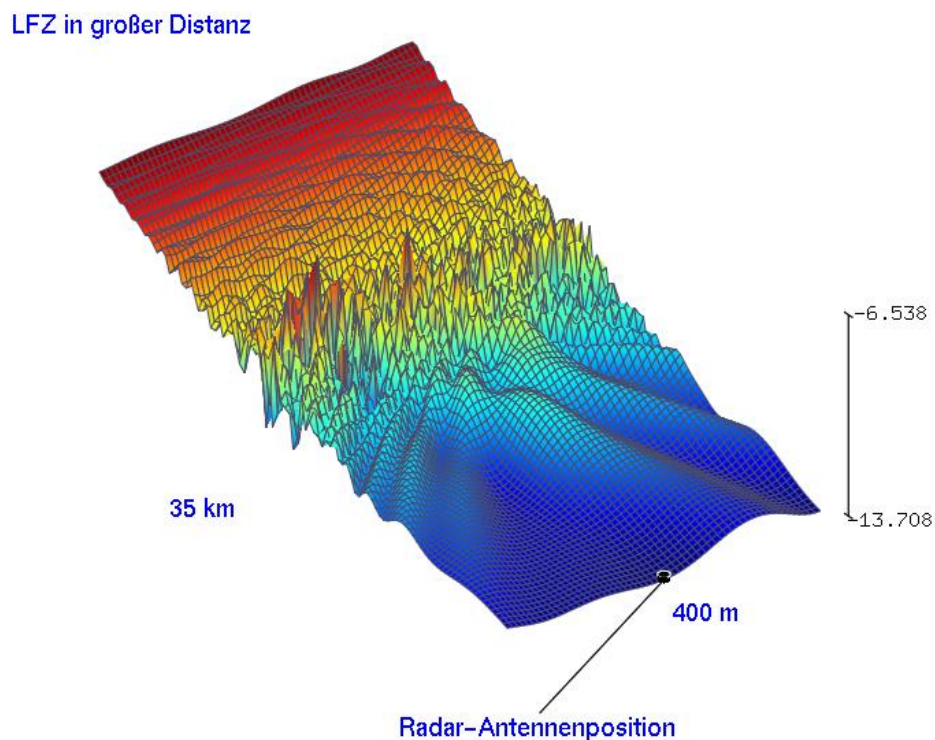


Abbildung 10: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Anordnung A5 im Einflussbereich der Radaranlage Auenhausen

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 10 mit -13,708 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

96,52 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar, das Kriterium ist erfüllt.

Anordnung A6 der geplanten Situation gemäß Tabelle 6. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 23,19 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

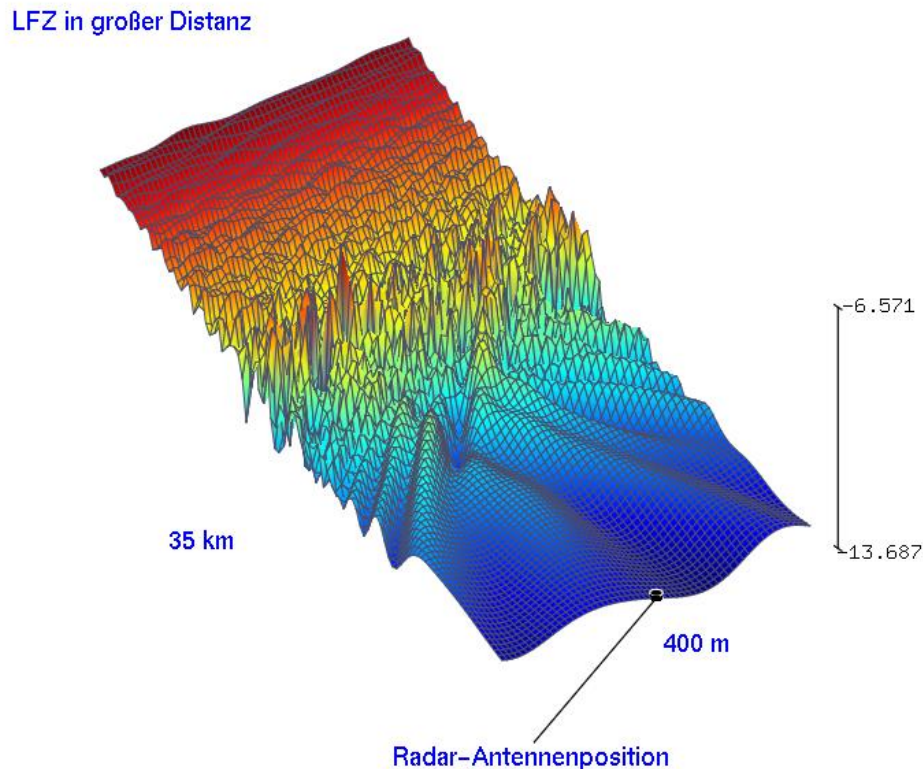


Abbildung 11: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Anordnung A6 im Einflussbereich der Radaranlage Auenhausen

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 11 mit -13,687 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

96,75 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar, das Kriterium ist erfüllt.

Anordnung A7 der geplanten Situation gemäß Tabelle 7. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 22,26 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

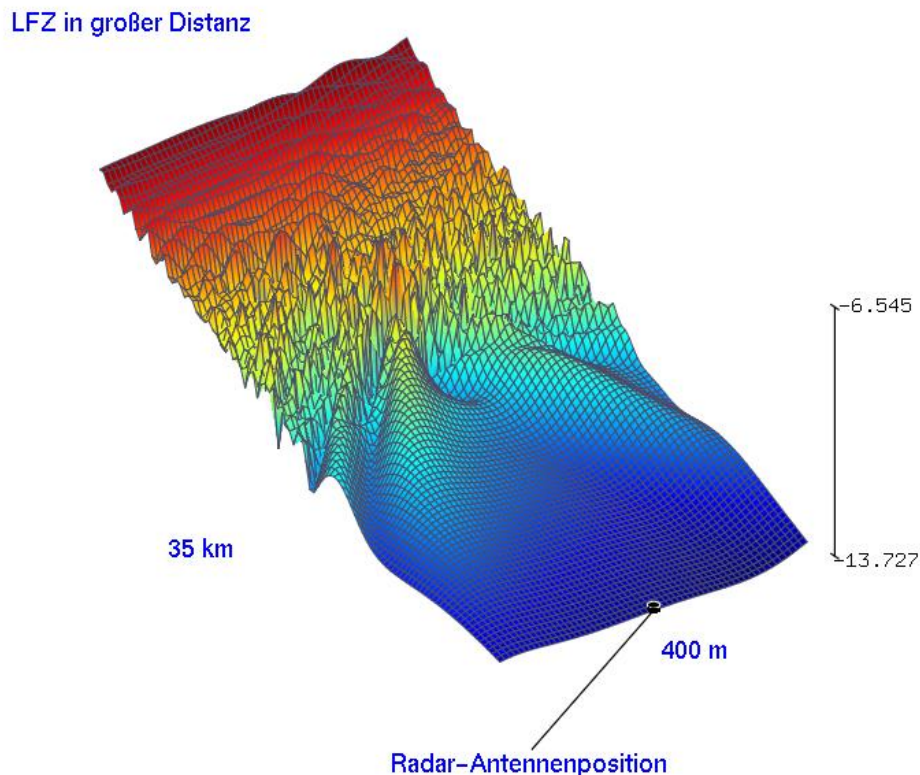


Abbildung 12: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Anordnung A7 im Einflussbereich der Radaranlage Auenhausen

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 12 mit -13,727 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

96,31 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar, das Kriterium ist erfüllt.

Anordnung A8 der geplanten Situation gemäß Tabelle 8. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz der Anordnung von ca. 21,90 km zur Radaranlage Auenhausen durchgeführt.

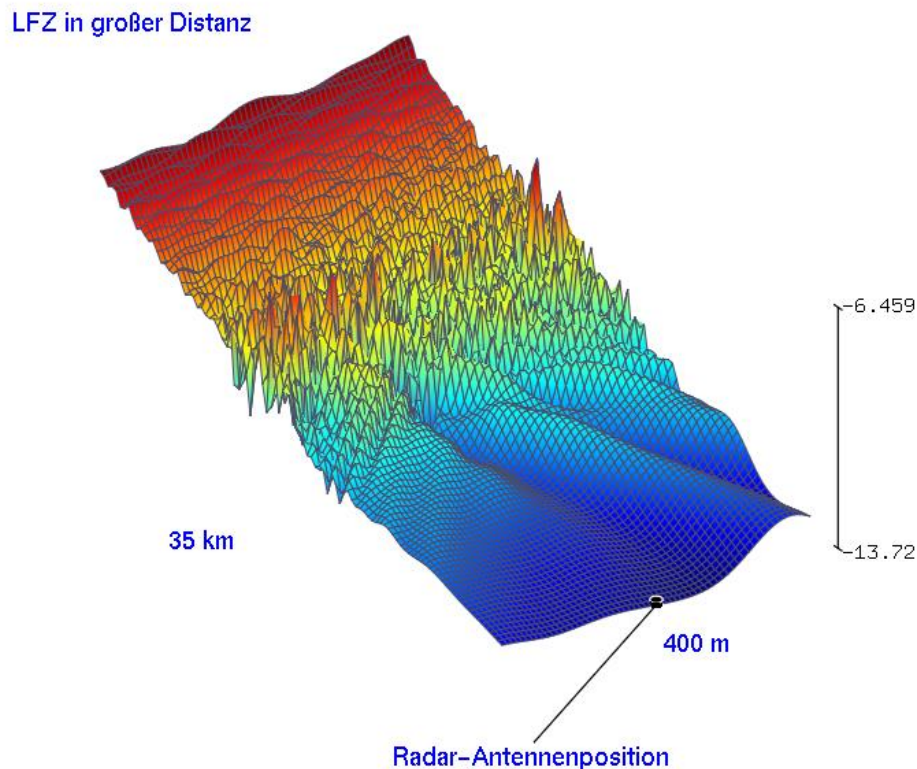


Abbildung 13: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Anordnung A8 im Einflussbereich der Radaranlage Auenhausen

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 13 mit -13,72 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

96,38 %.

Der Verschattungseinfluss ist messtechnisch nicht feststellbar, das Kriterium ist erfüllt.

6.3 Bewertung des Gesamteinflusses des Windparks

In den Untersuchungen wurden die geplanten WEA in Lichtenau als künftige Situation unter Berücksichtigung der Vorbelastung analysiert.

Die Ergebnisse gemäß dem Kapitel 6.2 zeigen für die geplanten Windenergieanlagen für die untersuchten Anordnungen keine Verschattungserscheinungen, die das Reichweitenkriterium von 96,2 % verletzen.

Zusätzlicher Handlungsbedarf für die geplanten Windenergieanlagen durch z. B. Standortänderungen besteht bei den festgestellten Einflüssen nicht.

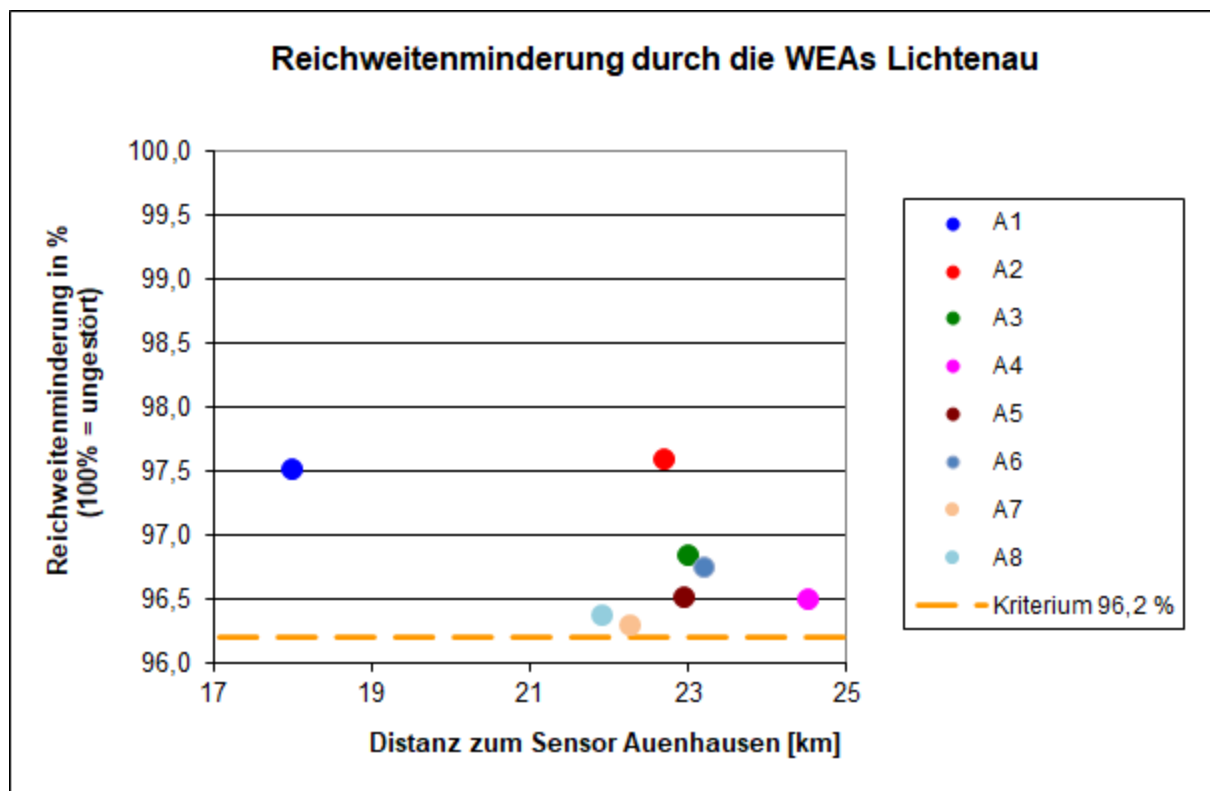


Abbildung 14: Übersicht über die zu erwartende Reichweitenreduktion bei den angegebenen WEA-Konstellationen

Im direkten Vergleich mit der Referenz ohne WEA sind der 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 Antennenbeams des aktuellen Radarsystems im Hinblick auf eine zeitgleiche Erfassung benachbarter WEA. Die Abbildung 15 gibt hierzu eine Übersicht für den Richtungsbereich der Planung.

Die nachstehende Abbildung 15 gibt die Perspektive der vorhandenen und geplanten Windenergieanlagen über Azimut und Elevation bzgl. der Gondelpositionen für das Radar Auenhausen wieder. Die Bereiche der untersuchten Anordnungen sind farbig hinterlegt.

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 Verschattungerscheinungen 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 mit geringen Azimutabständen der WEA heraus, nimmt der Verschattungseinfluss grundsätzlich ab.

In der Abbildung 15 ist die Perspektive der untersuchten Teilausschnitte des Windparks über Azimut und Elevation bzgl. der Gondelpositionen für das Radar Auenhausen dargestellt. Hierbei zeigen sich die jeweiligen Separationsabstände der Gondelpositionen im Azimut sowie in der Elevation.

Die Teilanordnungen mit den stärksten Verdichtungen für die Planungsanlagen sind in der Abbildung 15 durch farbige Flächen gekennzeichnet. Die jeweiligen Lfz-Positionen im Azimut sind für die Teilanordnungen schematisch gekennzeichnet.

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.

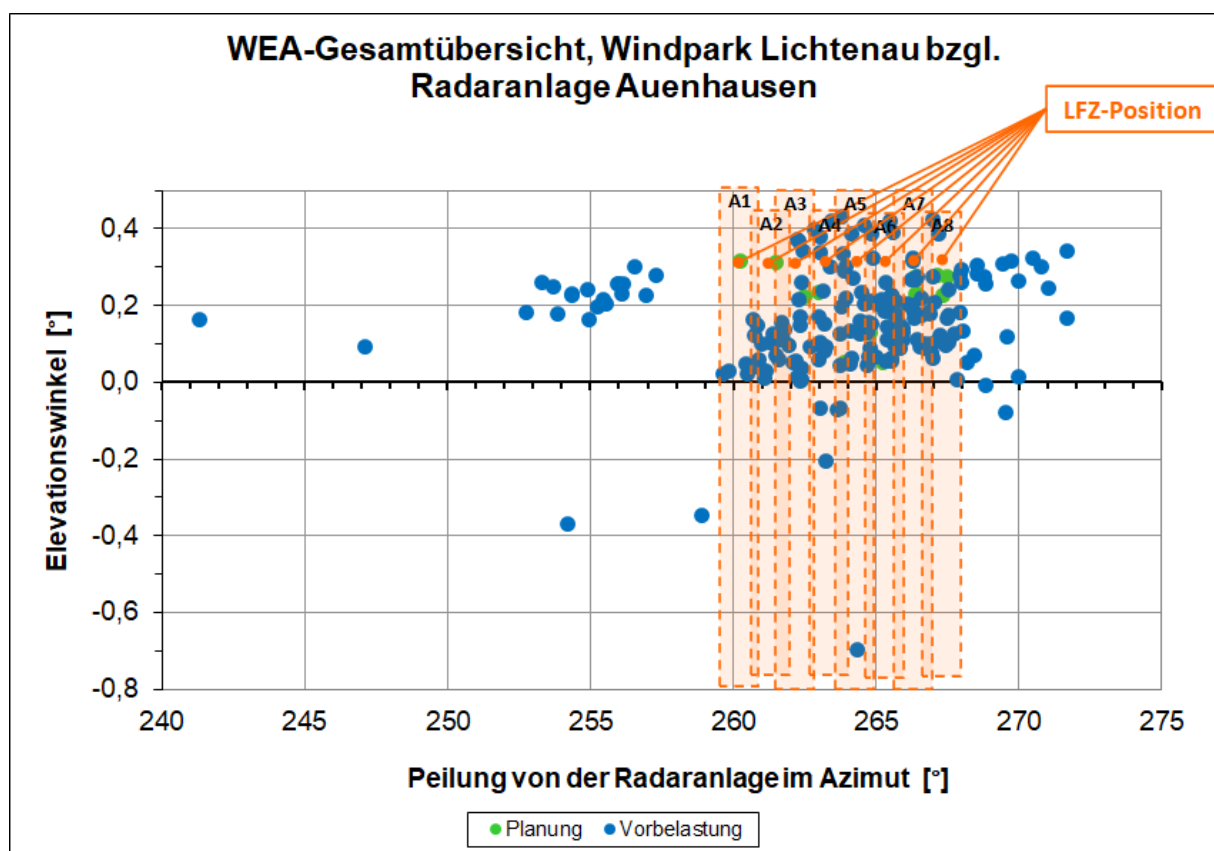


Abbildung 15: Perspektive zur Gondelanordnung gemäß Azimut und Elevation für die Position des Radars Auenhausen. Die Bereiche der analysierten Teilanordnungen sind durch farbige Flächen gekennzeichnet. Die Richtung und Elevation des angenommenen Lfz ist dargestellt.

7 Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse

Ergebnisse für die WP-Planung bzgl. des Radars Auenhausen:

Um eine Situation sicherzustellen, die auch bei Errichtung der geplanten WEAs für die Radaranlage in Auenhausen eine der bisherigen Betriebssituation gleichwertige Beeinflussung bzw. Radarreichweite schafft, ist die nachstehende WEA-Anordnung gemäß Abbildung 16 sowie Tabelle 9 bis Tabelle 11 zulässig:

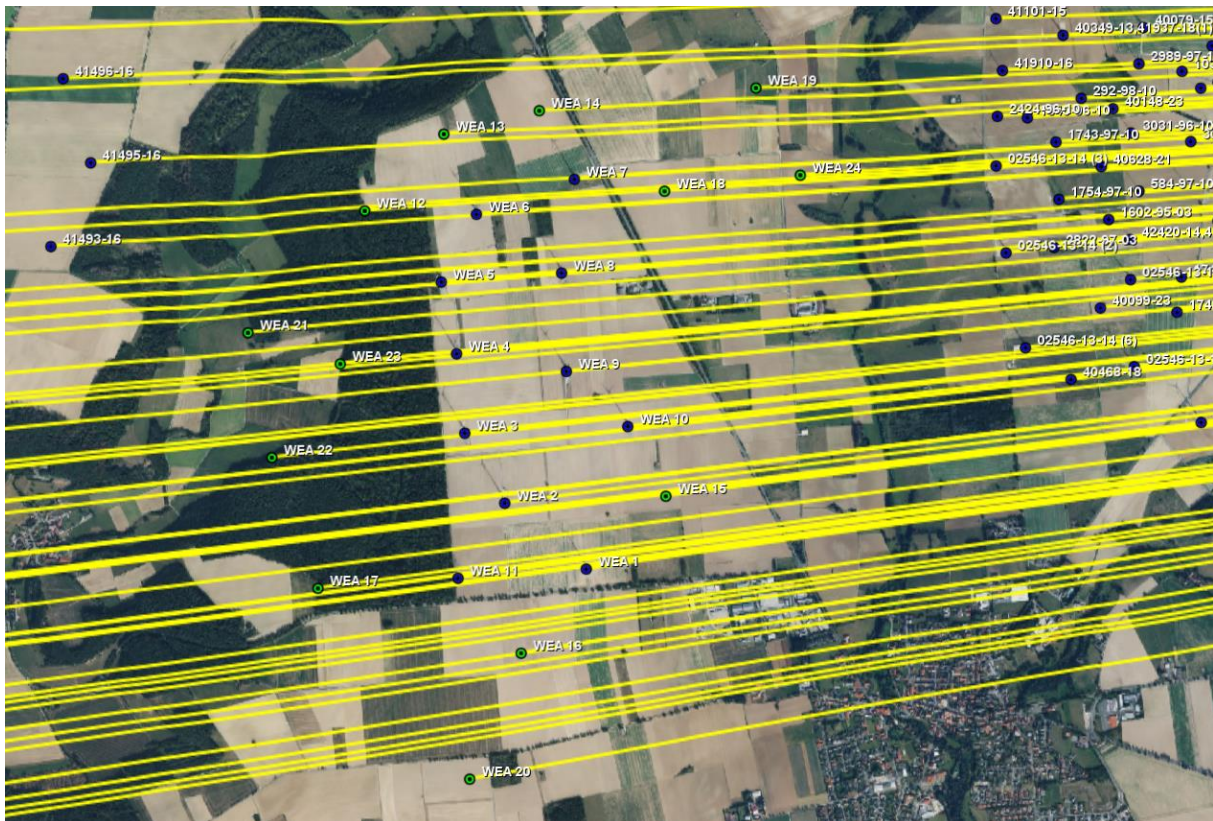


Abbildung 16: Übersicht über den Windpark Lichtenau mit den geplanten Windenergieanlagen (grün) sowie einem Teil der berücksichtigten Vorbelastung (blau). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Auenhausen sind gelb dargestellt.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Geländehöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
Planung								
WEA 12	ENERCON E-175	51° 38' 14,52"	8° 51' 28,23"	162	311,2	0,232	24716,41	266,356
WEA 13	ENERCON E-175	51° 38' 25,84"	8° 51' 47,07"	162	329,3	0,280	24333,02	267,119
WEA 14	ENERCON E-175	51° 38' 29,46"	8° 52' 9,69"	162	305	0,230	23892,71	267,330
WEA 15	ENERCON E-175	51° 37' 32,33"	8° 52' 39,87"	162	304,3	0,236	23472,26	262,948
WEA 16	ENERCON E-175	51° 37' 9,24"	8° 52' 5,50"	162	342,8	0,314	24226,81	261,474
WEA 17	ENERCON E-175	51° 37' 18,73"	8° 51' 17,13"	162	311	0,225	25105,26	262,460
WEA 18	ENERCON E-175	51° 38' 17,45"	8° 52' 39,54"	162	320,2	0,277	23342,05	266,348
WEA 19	ENERCON E-175	51° 38' 32,72"	8° 53' 1,29"	162	317	0,277	22896,69	267,454
WEA 20	ENERCON E-175	51° 36' 50,72"	8° 51' 53,34"	162	346,7	0,317	24551,43	260,237
WEA 21	ENERCON E-175	51° 37' 56,68"	8° 50' 59,46"	162	236,6	0,053	25311,17	265,196
WEA 22	ENERCON E-175	51° 37' 38,01"	8° 51' 5,30"	162	235,7	0,052	25257,33	263,870
WEA 23	ENERCON E-175	51° 37' 51,99"	8° 51' 21,95"	162	268,4	0,130	24893,95	264,775
WEA 24	ENERCON E-175	51° 38' 19,94"	8° 53' 11,99"	162	297,6	0,232	22714,14	266,434
Vorbelastung								
WEA 1	ENERCON E-101	51° 37' 21,59"	8° 52' 20,91"	135,4	325,4	0,216	23877,89	262,270
WEA 2	ENERCON E-101	51° 37' 31,32"	8° 52' 1,54"	149	324	0,239	24207,56	263,098
WEA 3	ENERCON E-101	51° 37' 41,66"	8° 51' 51,99"	149	316,85	0,220	24352,27	263,898
WEA 4	ENERCON E-101	51° 37' 53,41"	8° 51' 50,03"	149	313,6	0,213	24352,14	264,757
WEA 5	ENERCON E-115	51° 38' 4,00"	8° 51' 46,45"	149,1	320,05	0,227	24391,47	265,537
WEA 6	ENERCON E-115	51° 38' 13,96"	8° 51' 54,85"	149,08	336,95	0,270	24206,83	266,232
WEA 7	ENERCON E-115	51° 38' 19,24"	8° 52' 18,07"	149,08	312,45	0,219	23750,27	266,549
WEA 8	ENERCON E-82	51° 38' 5,31"	8° 52' 15,05"	138,38	328,1	0,230	23839,96	265,525
WEA 9	ENERCON E-115	51° 37' 50,79"	8° 52' 16,18"	149,08	320,65	0,237	23859,64	264,447
WEA 10	ENERCON E-101	51° 37' 42,65"	8° 52' 30,79"	135,4	316,5	0,198	23607,24	263,770
WEA 11	ENERCON E-115	51° 37' 20,29"	8° 51' 50,54"	149,08	335,65	0,263	24462,07	262,367
40865-17, 41417-19	Enercon E-126 EP3	51° 37' 31,78"	8° 48' 39,54"	135	280,85	0,066	28065,31	264,120
42118-15 (08)	Enercon E-115	51° 38' 8,72"	8° 48' 59,16"	135,48	300,99	0,113	27588,68	266,393
41493-16	Enercon E 126	51° 38' 9,28"	8° 50' 13,39"	158,95	310,7	0,202	26163,38	266,218
42385-14 (16)	Enercon E-115	51° 35' 57,12"	8° 51' 8,12"	149	330	0,229	25739,68	256,942
01709-13-14 (2)	Enercon E 101	51° 35' 16,81"	8° 51' 47,18"	149	305,43	0,179	25333,38	253,807
40272-14	Enercon E 101	51° 36' 0,04"	8° 52' 6,69"	149	355	0,305	24622,56	256,541
42385-14 (20)	Enercon E-92	51° 35' 39,84"	8° 52' 26,03"	138,4	303,97	0,164	24418,98	254,911
42123-14	Enercon E-115	51° 35' 46,78"	8° 52' 42,43"	149	306,61	0,201	24058,09	255,204
01709-13-14 (5)	Enercon E 101	51° 35' 35,65"	8° 52' 47,60"	149	319	0,230	24054,02	254,352
01809-13-14 (3)	Enercon E 101	51° 35' 27,20"	8° 52' 54,09"	149	328	0,252	24007,15	253,670
40628-21	Enercon E-92	51° 38' 20,91"	8° 54' 23,00"	138,38	344	0,317	21349,76	266,270
1602-95-03	VESTAS V44 - 600	51° 38' 13,11"	8° 54' 24,71"	55	345,5	0,098	21335,03	265,618
41261-21 (11)	Enercon E-138 EP3 E2	51° 38' 12,84"	8° 54' 50,44"	160	356	0,421	20842,55	265,486
41046-23	Enercon E-138 EP3 E2	51° 37' 53,28"	8° 55' 0,35"	160	359	0,433	20711,88	263,775
3258-94-01 B	MICON M 750	51° 37' 47,03"	8° 55' 13,03"	35	357,31	0,085	20492,44	263,162
41018-16	Enercon E-53	51° 38' 10,39"	8° 55' 18,11"	73,25	366	0,219	20318,86	265,149
42019-15 (2)	Enercon E-115	51° 37' 44,48"	8° 55' 32,87"	149,08	352	0,398	20123,81	262,806
40351-13,40506-19(7)	Enercon E 101	51° 39' 2,36"	8° 54' 42,28"	149	330	0,317	20928,77	269,701
963-00-03	ENERCON E-40/6.44	51° 38' 42,99"	8° 54' 54,66"	78	333,38	0,135	20705,07	268,038
42428-14	Enercon E-82 E2	51° 38' 24,98"	8° 55' 14,70"	108,38	352	0,278	20349,33	266,430
40431-16,41026-18(8)	Enercon E-115	51° 38' 31,80"	8° 55' 29,05"	149,08	361,48	0,427	20060,95	266,978
3673-97-01	ENERCON E 40	51° 38' 22,60"	8° 55' 58,35"	65	364,83	0,206	19517,08	266,051
2735-97-01 A	NORDEX N 43	51° 38' 16,78"	8° 56' 5,10"	50	371,76	0,184	19401,62	265,494
40818-18,42124-21 03	Siemens SWT-DD-142	51° 39' 3,82"	8° 46' 18,82"	165	236,81	0,017	30607,29	269,972
40422-16,40501-19	Enercon E-115	51° 37' 12,33"	8° 48' 19,19"	149,08	288,18	0,105	28524,81	263,005
2822-97-03	ENERCON E 30	51° 38' 9,04"	8° 54' 11,93"	50	337	0,059	21590,41	265,338
2424-96-10	ENERCON E 40	51° 38' 28,47"	8° 53' 58,65"	65	324,84	0,064	21802,31	266,968
41910-16	Enercon E-82 E2	51° 38' 35,27"	8° 53' 59,92"	138,38	320	0,245	21766,91	267,517
40148-23	Enercon E-92	51° 38' 29,56"	8° 54' 26,05"	138,38	328	0,276	21274,36	266,978
3031-96-10	AN BONUS 600 / 44	51° 38' 25,91"	8° 54' 30,18"	58	339,17	0,090	21201,82	266,661
40041-21 (V)	E-82	51° 37' 55,44"	8° 55' 10,49"	108,38	361,64	0,301	20510,64	263,899
3156-92 A	NORDEX N 250	51° 38' 4,71"	8° 55' 18,06"	40	368,73	0,133	20336,12	264,657
1968-94-01	TACKE TW 600	51° 38' 3,88"	8° 55' 43,96"	50	361,11	0,146	19842,98	264,443
2738-97-01	NORDEX N 43	51° 38' 7,56"	8° 55' 54,64"	50	364,3	0,158	19627,39	264,713
1034-96-10 A	ENERCON E 40	51° 38' 35,02"	8° 54' 42,33"	65	334	0,098	20952,76	267,390
41146-15 (8)	Enercon E-82 E2	51° 39' 15,15"	8° 54' 42,30"	138,38	336	0,305	20928,42	270,783
40699-14	Enercon E-82 E2	51° 39' 25,07"	8° 55' 9,40"	84,58	338	0,170	20412,80	271,657
41885-22 (01)	EnerCon E-160 EP5 E3	51° 36' 38,08"	8° 47' 20,22"	166,6	277,01	0,104	29798,82	261,264
41884-22 (04)	Enercon E-160 EP5 E3	51° 36' 30,24"	8° 47' 34,92"	166,6	287	0,126	29559,04	260,714
40784-22 (WEA 02)	Enercon E-160 EP5 E2	51° 36' 49,61"	8° 47' 27,29"	166,6	273,16	0,098	29610,16	261,903
41885-22 (03)	Enercon E-160 EP5 E3	51° 37' 2,76"	8° 47' 29,10"	166,6	271	0,095	29518,81	262,674
42118-15 (03)	Enercon E-115	51° 37' 42,61"	8° 47' 47,92"	149,08	273	0,069	29019,61	264,989
41884-22 (09)	Enercon E-160 EP5 E3	51° 36' 33,97"	8° 48' 20,50"	166,6	301	0,164	28675,02	260,648

Tabelle 9: Koordinatenübersicht über die analysierte radartechnisch zulässige Aufstellung mit den Planungsanlagen im Windpark Lichtenau (grün), sowie Teil 1 der berücksichtigten Vorbelastung (blau)

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.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Geländehöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
Vorbelastung								
41884-22 (11)	Enercon E-160 EP5 E3	51° 36' 51,53"	8° 48' 30,98"	166,6	297,11	0,159	28389,49	261,659
41495-16	Enercon E 126 EP4	51° 38' 21,66"	8° 50' 22,91"	158,95	313	0,210	25956,19	267,032
01709-13-14 (1)	Enercon E 101	51° 35' 2,83"	8° 51' 59,53"	149	307	0,184	25232,44	252,713
40913-15,41791-15(6)	Enercon E-101	51° 35' 45,99"	8° 51' 13,10"	149	343,07	0,258	25728,25	256,147
01709-13-14 (7)	Enercon E 101	51° 35' 46,65"	8° 51' 39,66"	149	339,24	0,258	25227,73	255,909
02546-13-14 (3)	Enercon E 92	51° 38' 21,12"	8° 53' 58,29"	138,38	329,67	0,270	21823,39	266,374
1754-97-10	ENERCON E 40	51° 38' 16,12"	8° 54' 13,03"	65	342,43	0,114	21551,71	265,913
1743-97-10	ENERCON E 40	51° 38' 24,61"	8° 54' 12,42"	65	336	0,097	21545,19	266,611
292-98-10	SÜDWIND S. 46	51° 38' 31,10"	8° 54' 18,51"	74	330,85	0,108	21416,48	267,127
40349-13 (4)	Enercon E 101	51° 38' 51,32"	8° 54' 26,95"	149	311	0,259	21229,39	268,787
42234-16,41026-18(10)	Enercon E-115	51° 38' 15,62"	8° 55' 26,43"	135,48	364	0,393	20145,71	265,567
3030-96-10	AN BONUS 600 / 44	51° 38' 24,64"	8° 54' 44,33"	58	339	0,093	20932,77	266,507
41017-23	Enercon E53	51° 38' 38,77"	8° 54' 49,45"	73,25	336,65	0,130	20810,56	267,690
446-97-10	AN BONUS 600 / 44	51° 38' 30,10"	8° 54' 57,67"	58	341,51	0,103	20666,38	266,928
40340-13 (12)	Enercon E 92	51° 38' 59,37"	8° 55' 7,48"	138,38	335	0,312	20445,40	269,429
01640-13-14	Enercon E 92	51° 38' 42,67"	8° 55' 17,51"	103,9	350,04	0,261	20266,43	267,962
40349-13 (9)	Enercon E 82 E 2	51° 39' 11,38"	8° 55' 4,93"	138,38	339,95	0,325	20492,59	270,469
01082-10-14B	Enercon E-53	51° 37' 21,80"	8° 48' 14,10"	73,25	277	-0,071	28586,26	263,612
40297-16,40500-19(5)	Enercon E-82 E2	51° 37' 42,35"	8° 49' 11,95"	108,38	295	0,046	27411,50	264,658
436-96	ENERCON 40	51° 38' 37,72"	8° 55' 25,22"	65	358,08	0,176	20124,98	267,510
40351-13,42473-15(2)	Enercon E 101	51° 38' 50,77"	8° 54' 1,81"	149	321	0,277	21713,03	268,775
40349-13,41937-18(1)	Enercon E 101	51° 38' 40,47"	8° 54' 14,32"	149	320,43	0,280	21483,19	267,910
40349-13 (3)	Enercon E 101	51° 39' 0,45"	8° 54' 1,15"	99	311,25	0,119	21720,10	269,565
40351-13 (5)	Enercon E 101	51° 39' 5,57"	8° 54' 23,78"	149	314	0,266	21283,73	269,977
40372-14 (4)	Enercon E 115	51° 37' 49,89"	8° 56' 12,22"	149	339,56	0,382	19351,82	263,007
40372-14,42339-19(1)	Enercon E 115	51° 37' 36,08"	8° 55' 6,11"	149	347	0,370	20668,65	262,276
1806-96-10 B	ENERCON E 40	51° 38' 24,62"	8° 55' 35,85"	65	360	0,185	19944,29	266,321
1067-97-01	ENERCON E 40	51° 38' 6,52"	8° 55' 36,12"	65	369	0,210	19985,01	264,719
1749-97-03	ENERCON E 40	51° 38' 4,61"	8° 54' 41,76"	65	354,63	0,153	21031,34	264,833
2738-96-01	ENERCON E 40	51° 38' 17,95"	8° 55' 52,20"	65	368,14	0,213	19645,95	265,658
1748-97-03	ENERCON E 40	51° 37' 59,42"	8° 54' 40,64"	65	357,82	0,161	21068,48	264,404
2427-96-10	ENERCON E 40	51° 38' 24,02"	8° 55' 24,86"	65	355,27	0,168	20156,40	266,309
1034-96-10 B	ENERCON E 40	51° 38' 33,37"	8° 54' 50,72"	65	343	0,125	20794,25	267,227
1447-96-10	ENERCON E 40	51° 38' 36,36"	8° 55' 6,59"	65	358	0,170	20484,81	267,441
2422-96-10	ENERCON E 40	51° 38' 17,22"	8° 55' 12,33"	65	353	0,158	20412,07	265,767
1687-96-01	ENERCON E 40	51° 38' 13,37"	8° 55' 34,90"	65	367,76	0,206	19989,18	265,330
2259-97-01	ENERCON E 40	51° 38' 24,58"	8° 55' 50,09"	65	361	0,192	19671,19	266,263
1640-96-10	ENERCON E 40	51° 38' 28,21"	8° 54' 5,71"	65	330,33	0,080	21667,24	266,926
584-97-10	ENERCON E 40	51° 38' 17,28"	8° 54' 31,83"	65	348	0,133	21188,49	265,936
1806-96-10 A	ENERCON E 40	51° 38' 30,76"	8° 55' 41,48"	65	358	0,181	19824,19	266,847
611-97-01	ENERCON E 40	51° 38' 10,38"	8° 55' 43,16"	65	367,44	0,208	19839,08	265,025
2251-97-10	ENERCON E 66	51° 38' 29,27"	8° 55' 18,04"	66,8	360	0,184	20276,87	266,792
40482-14	Enercon E 82 E 2	51° 37' 49,94"	8° 55' 17,70"	108,38	360,88	0,302	20392,38	263,382
02546-13-14 (1)	Enercon E 92	51° 38' 4,26"	8° 54' 29,88"	138,38	345,62	0,324	21259,82	264,862
02546-13-14 (6)	Enercon E 92	51° 37' 54,26"	8° 54' 5,22"	138,38	331	0,274	21762,59	264,169
02546-13-14 (7)	Enercon E 92	51° 37' 51,43"	8° 54' 30,66"	138,38	351	0,337	21285,74	263,795
41250-14(2),41839-15	Enercon E 92	51° 38' 4,04"	8° 55' 21,05"	138,38	369	0,412	20280,91	264,583
02546-13-14 (4)	Enercon E 92	51° 38' 5,40"	8° 54' 59,13"	138,38	365	0,390	20696,46	264,813
40340-13 (13)	Enercon E 92	51° 38' 48,83"	8° 55' 4,63"	138,38	332,95	0,305	20507,33	268,521
40079-15, 41486-15	Enercon E-115	51° 38' 41,57"	8° 54' 33,32"	149,08	323	0,294	21116,79	267,962
42019-15 (3)	Enercon E-115	51° 37' 38,96"	8° 55' 46,61"	149,08	340,76	0,372	19884,81	262,220
40700-14, 40950-15	Enercon E-115	51° 39' 25,61"	8° 54' 49,35"	149	338,46	0,343	20798,51	271,677
41304-16,40410-17	Enercon E-115	51° 37' 43,22"	8° 54' 46,74"	149,08	339,4	0,341	21008,83	263,013
42019-15 (5)	Enercon E-115	51° 37' 52,88"	8° 55' 54,86"	149,08	355,65	0,421	19671,92	263,397
42420-14,41318-17	Enercon E-53	51° 38' 10,17"	8° 54' 29,73"	60	346,24	0,114	21246,36	265,353
41101-15	Enercon E-70 E4	51° 38' 42,93"	8° 53' 58,36"	64	321,61	0,053	21786,89	268,142
42318-15 (6)	Enercon E-82 E2	51° 38' 48,54"	8° 54' 47,81"	138,4	327,98	0,285	20830,85	268,523
41475-16	Enercon E-82 E2 TES	51° 39' 17,72"	8° 55' 1,39"	108,38	342	0,246	20562,38	271,014
40072-16,41250-14(1)	Enercon E-92	51° 37' 59,90"	8° 55' 38,52"	138,38	358	0,389	19959,78	264,122
3258-94-01 A	MICON M 1500	51° 37' 44,37"	8° 55' 7,71"	45	354,6	0,104	20604,22	262,970
41529-20	Nordex N 163	51° 38' 32,49"	8° 54' 46,65"	164	340,89	0,389	20873,84	267,164
3156-92 B	NORDEX N 250	51° 38' 1,68"	8° 55' 21,96"	40	367,88	0,131	20270,81	264,372
2735-97-01 B	NORDEX N 43	51° 38' 14,34"	8° 56' 8,17"	50	372,35	0,186	19349,16	265,257
2737-97-01	NORDEX N 43	51° 38' 20,43"	8° 55' 43,16"	50	360,45	0,145	19813,35	265,919
2988-97-10	SÜDWIND N 3127	51° 38' 28,05"	8° 55' 5,79"	50	349,04	0,103	20514,28	266,726
2989-97-10	SÜDWIND S. 46	51° 38' 36,21"	8° 54' 32,25"	74	328	0,104	21144,57	267,515
WEA 1a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 38' 2,13"	9° 3' 10,07"	75	275,8	0,030	11348,15	259,840
WEA 2a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 38' 12,79"	9° 3' 4,51"	75	282,2	0,061	11399,69	261,566
WEA 3a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 38' 17,70"	9° 3' 15,03"	75	281,1	0,058	11177,69	262,180
WEA 4a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 38' 20,19"	9° 3' 28,61"	75	276,8	0,039	10908,48	262,391

Tabelle 10: Koordinatenübersicht über die analysierte radartechnisch zulässige Aufstellung mit dem Teil 2 der berücksichtigten Vorbelastung (blau)

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.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Geländehöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
Vorbelastung								
WEA 5a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 38' 13,45"	9° 3' 44,41"	75	271,4	0,013	10638,29	261,059
WEA 6a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 38' 11,51"	9° 3' 34,58"	75	276,5	0,038	10834,46	260,904
WEA 7a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 38' 7,44"	9° 3' 23,23"	75	279,1	0,049	11070,43	260,442
WEA 8a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 38' 13,81"	9° 3' 23,24"	75	283,2	0,071	11038,84	261,449
WEA 9a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 38' 9,12"	9° 3' 13,30"	75	281,6	0,060	11250,25	260,866
WEA 10a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 37' 58,61"	9° 2' 53,31"	75	275,1	0,023	11684,84	259,598
WEA 11a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 38' 13,86"	9° 2' 41,26"	75	281,5	0,053	11837,32	262,046
WEA 12a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 38' 19,79"	9° 3' 36,98"	75	272,2	0,016	10750,71	262,210
WEA 13a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 38' 7,87"	9° 2' 44,85"	75	277,2	0,032	11796,59	261,109
WEA 14a	Pfleiderer PWE 650/75	51° 38' 3,70"	9° 2' 47,55"	75	275,7	0,025	11766,29	260,449
WEA 1H	Enercon E-40	51° 38' 58,50"	9° 11' 39,00"	50	279	-0,346	1408,23	258,872
WEA 2H	Enercon E-40	51° 38' 48,60"	9° 11' 39,70"	50	290	0,096	1485,35	247,110
WEA 3H	Enercon E-40	51° 38' 43,30"	9° 11' 40,40"	50	292	0,166	1544,62	241,309
WEA 5H	Enercon E-40	51° 39' 2,40"	9° 11' 31,80"	50	269	-0,695	1527,65	264,320
WEA 4H	Enercon E-40	51° 38' 52,80"	9° 11' 28,60"	50	277	-0,368	1643,95	254,190
42385-14 (18)	Enercon E-115	51° 35' 44,63"	8° 52' 0,20"	149	314	0,206	24860,72	255,543
01709-13-14 (8)	Enercon E 101	51° 35' 54,52"	8° 52' 20,91"	149	334	0,260	24398,26	256,000
41986-15 (22)	Enercon E-115	51° 35' 45,68"	8° 53' 3,47"	149,08	322	0,244	23676,24	254,870
40099-23	Vensys 82	51° 38' 0,10"	8° 54' 22,80"	100	342	0,208	21407,75	264,554
41564-22	Enercon E-160 EP5 E3	51° 37' 5,54"	8° 47' 2,69"	166,6	256	0,062	30011,32	262,966
40572-21 (05)	Enercon E-138 EP3 E2	51° 37' 12,53"	8° 47' 42,48"	160	275	0,093	29224,66	263,193
41067-23 (WEA1)	Enercon E-175 EP5	51° 37' 36,02"	8° 47' 9,77"	162	263	0,068	29769,51	264,730
42567-17, 41598-21	Enercon E-138 EP3 E2	51° 38' 38,24"	8° 47' 25,34"	160	265,19	0,073	29344,30	268,412
42118-15 (11)	Enercon E-115	51° 38' 12,45"	8° 49' 27,55"	149,08	314	0,175	27036,22	266,558
01709-13-14 (4)	Enercon E 101	51° 35' 29,47"	8° 52' 13,80"	149	324,84	0,233	24732,10	254,339
40468-18	Enercon E-53 E2	51° 37' 49,57"	8° 54' 15,89"	73,25	339,24	0,127	21574,49	263,728
40944-23	Enercon E-92	40944-23	8° 54' 54,57"	138,38	342	0,325	20741,24	266,269
41128-22	Vensys V82	51° 37' 56,35"	8° 55' 26,34"	100	363,89	0,291	20204,55	263,883
41885-22 (07)	Enercon E-160 EP5 E 3	51° 36' 34,42"	8° 48' 0,32"	166,6	296,81	0,151	29055,59	260,804
01082-10-14A	Enercon E-53	51° 37' 10,63"	8° 47' 59,89"	73,25	280,6	-0,065	28899,78	262,995
42118-15,40502-19(2)	Enercon E-115	51° 37' 28,46"	8° 48' 5,08"	149,08	261,99	0,050	28735,41	264,060
01082-10-14C	Enercon E-53	51° 37' 24,54"	8° 48' 26,13"	73,25	277,97	-0,068	28346,59	263,727
42118-15 (07)	Enercon E-115	51° 37' 53,49"	8° 49' 10,82"	149,08	303	0,148	27401,40	265,379
42385-14 (19)	Enercon E-115	51° 36' 11,70"	8° 52' 12,64"	149	343,13	0,281	24427,93	257,299
42385-14 (21)	Enercon E-115	51° 36' 0,86"	8° 52' 52,54"	149	318,25	0,233	23760,00	256,096
42110-22	Vensys V-126	51° 36' 55,78"	8° 47' 2,98"	136,9	257,83	0,008	30045,98	262,394
40786-22 (08)	Nordex N163/6.X	51° 36' 51,23"	8° 48' 5,71"	164	293	0,140	28871,63	261,787
42118-15 (12)	Enercon E-115	51° 37' 50,38"	8° 47' 32,05"	149,08	272	0,065	29302,41	265,512
40298-16,40498-19(1)	Enercon E-115	51° 36' 41,05"	8° 48' 40,54"	149,08	285,99	0,103	28258,53	260,954
41884-22 (10)	Enercon E-160 EP5 E3	51° 37' 1,33"	8° 48' 21,73"	166,6	293,58	0,151	28521,70	262,315
41884-22 (12)	Enercon EP5 E3	51° 37' 16,66"	8° 48' 37,74"	166,6	292,5	0,153	28153,95	263,182
40298-16,41159-19(2)	Enercon E-115	51° 36' 50,44"	8° 48' 51,73"	149,08	287	0,108	28000,02	261,468
41884-22 (15)	Enercon E-160 EP5 E3	51° 37' 15,24"	8° 49' 0,83"	166,6	300,13	0,174	27718,80	262,978
40298-16,41830-17(3)	Enercon E-115	51° 36' 55,86"	8° 49' 4,55"	149,08	288,22	0,113	27730,83	261,732
40298-16,40499-19(4)	Enercon E-115	51° 37' 32,90"	8° 49' 7,61"	149,08	297,82	0,135	27524,79	264,071
42118-15 (06)	Enercon E-115	51° 37' 55,75"	8° 48' 30,03"	149,08	294,26	0,121	28177,35	265,658
42118-15,40173-19(5)	Enercon E-115	51° 37' 41,77"	8° 48' 31,60"	149,08	279,54	0,090	28185,68	264,778
41884-22 (14)	Enercon E-138 EP3 E2	51° 37' 37,76"	8° 48' 52,94"	160	283,99	0,126	27789,56	264,442
42118-15 (09)	Enercon E-115	51° 37' 59,55"	8° 49' 41,48"	149,08	314	0,178	26798,15	265,670
01709-13-14 (3)	Enercon E 101	51° 35' 17,29"	8° 52' 29,76"	149	336,8	0,264	24544,01	253,298
40818-18,42124-21 01	Siemens SWT-DD-142	51° 38' 55,43"	8° 45' 10,70"	129	225,99	-0,076	31919,63	269,522
832-95	NORDEX N 29	51° 37' 4,67"	8° 46' 1,75"	50	233,42	-0,204	31177,74	263,193
41067-23 (WEA2)	Enercon E-175 EP5	51° 37' 48,78"	8° 47' 0,82"	162	257,96	0,057	29905,11	265,514
41885-22 (06)	Enercon E-160 EP5 E3	51° 36' 42,07"	8° 47' 44,90"	166,6	287	0,128	29310,46	261,356
42118-15,40502-19(1)	Enercon E-115	51° 37' 20,79"	8° 47' 31,94"	149,08	263	0,047	29395,46	263,736
42118-15 (04)	Enercon E-115	51° 37' 56,83"	8° 48' 4,76"	149,08	282	0,091	28659,14	265,804
42458-17 (02)	Siemens SWT DD 142	51° 38' 27,76"	8° 47' 12,43"	129	263,65	0,007	29604,95	267,802
42458-17 (01)	Siemens SWT DD 142	51° 38' 45,16"	8° 47' 23,22"	129	256	-0,006	29378,66	268,832
41885-22 (13)	Enercon E-160 EP5 E3	51° 37' 3,24"	8° 48' 44,76"	166,6	302	0,173	28074,71	262,308
41496-16	Enercon E 126 EP4	51° 38' 34,21"	8° 50' 16,11"	158,95	301,77	0,183	26067,65	267,899
42385-14 (17)	Enercon E-101	51° 35' 36,61"	8° 51' 21,15"	149	324	0,216	25650,77	255,435
02546-13-14 (2)	Enercon E 92	51° 38' 8,28"	8° 54' 0,65"	138,38	327,17	0,263	21808,56	265,325
42233-20	Enercon E-138 EP3 E2	51° 36' 58,03"	8° 47' 47,69"	110,13	279,3	0,004	29184,44	262,296
40210-23	Vestas V-162	51° 37' 0,10"	8° 47' 50,80"	282	281	0,346	29116,31	262,404

Tabelle 11: Koordinatenübersicht über die analysierte radartechnisch zulässige Aufstellung mit dem Teil 3 der berücksichtigten Vorbelastung (blau)

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.

Die Abbildung 16 zeigt eine Luftbildaufnahme des Windparkgebietes als Detailansicht der grün gekennzeichneten geplanten Windenergieanlagen im Windpark Lichtenau sowie der berücksichtigten Vorbelastung (blau). Die Koordinaten aller im Gutachten berücksichtigten WEA, sowie die jeweiligen Entfernungen, die Elevation und Azimutwinkelbezüge zum Radar Auenhausen sind Tabelle 9 bis Tabelle 11 zu entnehmen.

Die zu erwartenden Reichweitenminderungen durch die grün gekennzeichneten geplanten Windenergieanlagen in Verbindung mit der berücksichtigten Vorbelastung (blau) erfüllen das Kriterium von 96,2 %.

Bei der Realisierung der Planungsstandorte sind Ortsabweichungen von bis zu 10 m in allen Richtungen gegenüber den Koordinaten gemäß Tabelle 9 ohne Einfluss auf die Ergebnisse zulässig.

Für die vorliegende Radaranlage in Auenhausen, die als 3D-Radaranlage zur Luftverteidigung dient, können ohne zusätzliche Änderungen die geplanten Windenergieanlagen radartechnisch akzeptiert werden, da aufgrund der Untersuchungsergebnisse nur eine unerhebliche, messtechnisch jedoch aufgrund der Geringfügigkeit nicht feststellbare Reichweitenänderung gegenüber der heutigen Situation vorliegen wird.

Die Streufeldeinflüsse, bedingt durch die zukünftige Windparksituation mit den geplanten WEA, weisen eine geringe Intensitätszunahme auf, infolge derer jedoch keine feststellbaren, verschattungswirksamen Auswirkungen auf das Radarsystem zu erwarten sind. Zusätzlicher Handlungsbedarf für die zulässigen geplanten Windenergieanlagen besteht bei den festgestellten Einflüssen nicht.

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, der Standorte oder bei abweichenden Geländeprofilen verlieren die ermittelten Ergebnisse ihre Gültigkeit.

Alle Untersuchungsobjekte sind hinsichtlich Konstruktion und Material vom Auftraggeber vorgegeben worden. Alle Untersuchungen und theoretischen Analysen sind vom Sachverständigen persönlich durchgeführt worden. Der Schwerpunkt der Unterstützung durch Dipl.-Ing. (FH) T.Bischoff liegt in der Durchführung der Simulationsverfahren nach festgelegten Prozessen.

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.

Dipl.-Ing. (FH) Michael Gottschalk

Anhang A: Abkürzungen und Begriffe

HADR	=	Typenbezeichnung eines Radargerätes zur Luftverteidigung
ICAO	=	Internationale Zivilluftfahrtorganisation
Lfz	=	Luftfahrzeug
LV-Radar	=	Radar zur Luftverteidigung; 3D-Radar
MoM	=	Momentenmethode ; Analyseverfahren zur Hochfrequenzausbreitung
MPR	=	Typenbezeichnung eines Radargerätes zur Luftverteidigung
NH	=	Nabenhöhe
Radial	=	Betrachtung der Linie Radar-Zielobjekt
Reichweiten- minderung	=	Maß für die Beschränkung/Minderung der radarwirksamen Einsehbarkeit in definierte Luftraumsektionen. Die ideale Betriebsbedingung liegt vor für einen Wert von 100 %.
RQS/RCS	=	Radarschnitt/Radarreflexionsintensität (Radarquerschnitt/Radarreflexionsintensität)
RRP 117	=	Typenbezeichnung eines Radargerätes zur Luftverteidigung
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
SSR/IFF	=	Secondary Surveillance Radar (Sekundärradar)
WEA	=	Windenergieanlage