

WEA 01
E-82E2 / 108,38mNh
UTM Zone 32
X: 443044
Y: 5909888

WEA 02
E-82E2 / 108,38mNh
UTM Zone 32
X: 443280
Y: 5909811

Legende

Bestand



ALK + Flurstücksnummer



Zuwegung

Planung



Zuwegung / Kranstellfläche



Lagerfläche



Montagefläche



Überschwenkbereich



Potenzialfläche

Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2016



ENERCON GmbH
Dreerkamp 5 - 26605 Aurich
Tel.: 0 49 41 / 927-0
Fax: 0 49 41 / 927-109

Entwurfsverfasser:	Bauherr:	Windkonzept Projektentwicklungs GmbH & Co.KG Mansholter Straße 30 26215 Wiefelstede			
<p>Grenzabstandsradius</p> <p>Rotorradius</p> <p>Fundamentmittelpunkt</p>	Bauvorhaben:	Errichtung von 2 Windenergieanlagen des Typs ENERCON E-82 E2 / 108,38mNh.			
	Standort:	Wapeldorf Nord	Zeichnung:	Lageplan	

Gez:	Datum:	[Y } bXYfh	Datum:	A Ue gHJV.	Blatt:	Rev.:
M.GOTTSCHALD	18.01.2018			1:5.000	A3	10

Kurzbeschreibung

Einleitung

Es ist geplant in der Gemeinde Rastede im Landkreis Ammerland 2 Windenergieanlagen der Firma ENERCON vom Typ E-82 E2 mit einer Nabenhöhe von 108,38 m zu errichten. Die Anlagen haben eine Nennleistung von je 2.300 kW und werden getriebeelos mit einem Dreiblattrotor betrieben. Die Gesamthöhe beträgt 149,38m.

Die Baugrundstücke sind die Flurstücke 60/1 und 71 Flur 2 der Gemarkung Rastede in 26180 Rastede.

Da die geplanten Windenergieanlagen eine Gesamthöhe größer als 50m haben werden, ist ein Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG durchzuführen.

Erschließung

Die Anbindung des Windparks erfolgt von der L 820 / Spohler Straße. Von dort aus folgt die Zuwegung über bestehende Wirtschaftswege, die entsprechend der ENERCON-Spezifikation ausgebaut bzw. verlängert werden.

Innerhalb des Windparks werden die Erschließungswege zur Schonung der landwirtschaftlichen Nutzung soweit wie möglich am Parzellenrand und auf bestehenden Wegen geführt.

Der genaue Verlauf der Zuwegung ist den beigefügten Lageplänen zu entnehmen. Die Baugrunduntersuchung empfiehlt eine Pfahlgründung für beide Anlagen.

Brandschutz

Für die ENERCON Windenergieanlagen wurde ein ausführliches Sicherheitskonzept erarbeitet, das dem BImSchG-Antrag beiliegt.

Des Weiteren können die Windenergieanlagen von der Feuerwehr über die ausgebauten Erschließungswege erreicht werden.

Schallemission

In Bezug auf die Schallimmission werden die zulässigen Werte gemäß TA-Lärm zugrunde gelegt.

Nutzung	nachts
Allgemeines Wohngebiet	40 dB(A)
Dorf- und Mischgebiet	45 dB(A)
Gewerbegebiet	50 dB(A)

Diese Immissionswerte sind an den nächstgelegenen Immissionspunkten zu unterschreiten.

Als Nachweis, dass die Richtwerte gemäß TA-Lärm eingehalten werden, wurde ein Gutachten bezüglich der Schallimmission erstellt und ist ebenfalls dem BImSchG-Antrag zu entnehmen.

Schattenwurf

Ein einheitliches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Rotorschattenwurfdauer sowie ein Beurteilungsrahmen sind bisher nicht rechtlich verbindlich festgelegt worden. Normen und Richtlinien sowie Orientierungswerte fehlen.

Der Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) empfiehlt einen Richtwert von maximal 30 Stunden pro Jahr bzw. 30 Minuten pro Tag in Bezug auf die astronomisch mögliche Schattenwurfdauer.

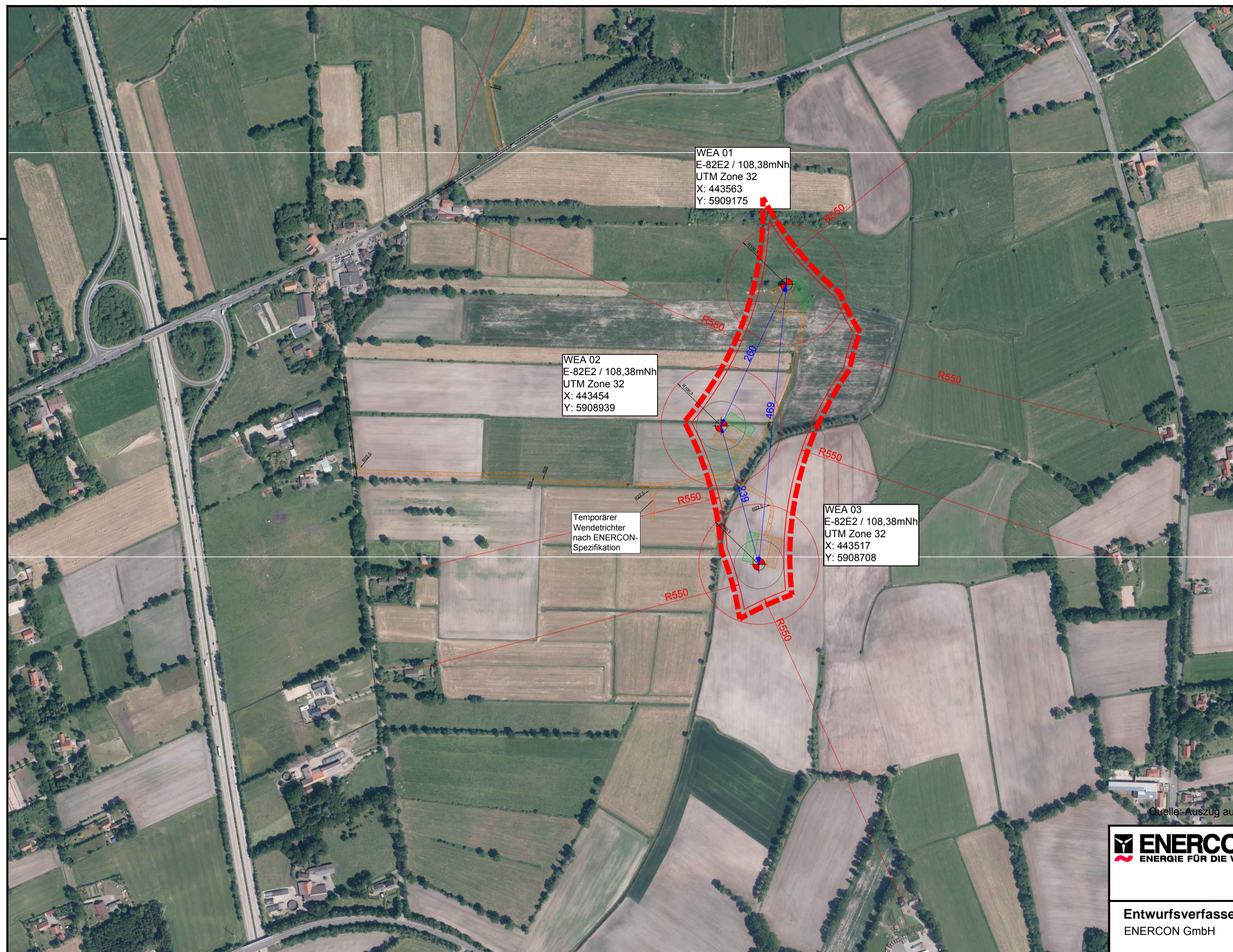
Als Nachweis bezüglich des Schattenwurfs wurde ebenfalls ein Gutachten erstellt, welches dem besagtem BImSchG-Antrag zu entnehmen ist.

Naturschutz

Die Unterlagen zur Beurteilung des Eingriffes in Natur und Landschaft sowie zum Bodenschutz sind im Landschaftspflegerischen Begleitplan erfasst und erforderliche Ausgleichsmaßnahmen sind ebenfalls im BImSchG-Antrag beigefügt.

UVP

Die Unterlagen zur standortbezogenen Prüfung der Umweltverträglichkeit der geplanten Windenergieanlagen sind bereits im Rahmen des BImSchG-Antrages beantragt.



WEA 01
E-82E2 / 108,38mNh
UTM Zone 32
X: 443563
Y: 5909175

WEA 02
E-82E2 / 108,38mNh
UTM Zone 32
X: 443454
Y: 5908939

WEA 03
E-82E2 / 108,38mNh
UTM Zone 32
X: 443517
Y: 5908708

Temporärer
Wendetrichter
nach ENERCON-
Spezifikation

Legende

Bestand	
	ALK + Flurstücksnummer
	Zuwegung
Planung	
	Zuwegung / Kranstellfläche
	Lagerfläche
	Montagefläche
	Überschwenkbereich
	Potenzialfläche

Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Nds. Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2016

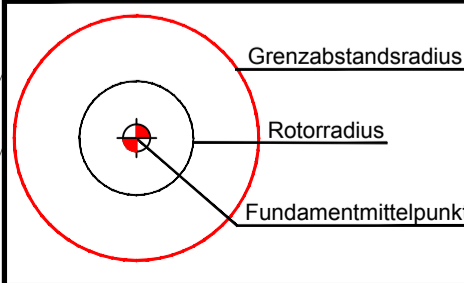


Dreerkamp 5, 26605 Aurich
Tel.: 0 49 41 / 927-0
Fax.: 0 49 41 / 927-109

Entwurfsverfasser:
ENERCON GmbH
Dreerkamp 5, 26605 Aurich

Bauherr:

Windkonzept Projektentwicklungs GmbH & Co.KG
Mansholter Straße 30
26215 Wiefelstede



Bauvorhaben:

Errichtung von 3 Windenergieanlagen des Typs ENERCON E-82 E2 / 108,38mNh.

Standort:
Wapeldorf Süd

Zeichnung:
Lageplan

Gez: M.GOTTSCHALD	Datum: 18.01.2018	[Y] bXYfh	Datum:	A UEGHJV. 1:5.000	Blatt: A2	Rev.: 10
-----------------------------	-----------------------------	--------------------	---------------	-----------------------------	---------------------	--------------------

Kurzbeschreibung

Einleitung

Es ist geplant in der Gemeinde Rastede im Landkreis Ammerland 3 Windenergieanlagen der Firma ENERCON vom Typ E-82 E2 mit einer Nabenhöhe von 108,38 m zu errichten. Die Anlagen haben eine Nennleistung von je 2.300 kW und werden getriebeelos mit einem Dreiblattrotor betrieben. Die Gesamthöhe beträgt 149,38m.

Die Baugrundstücke sind die Flurstücke 34/7, 27/8, 28/12 Flur 4 der Gemarkung Rastede in 26180 Rastede.

Da die geplanten Windenergieanlagen eine Gesamthöhe größer als 50m haben werden, ist ein Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG durchzuführen.

Erschließung

Die Anbindung des Windparks erfolgt vom Vorderweg, welcher von der L820 südlich abzweigt. Von dort aus folgt die Zuwegung über eine landwirtschaftliche Ackerfläche, die entsprechend der ENERCON-Spezifikation ausgebaut wird.

Innerhalb des Windparks werden die Erschließungswege zur Schonung der landwirtschaftlichen Nutzung soweit wie möglich am Parzellenrand und auf bestehenden Wegen geführt.

Der genaue Verlauf der Zuwegung ist den beigefügten Lageplänen zu entnehmen. Die Baugrunduntersuchung empfiehlt eine Pfahlgründung für beide Anlagen.

Brandschutz

Für die ENERCON Windenergieanlagen wurde ein ausführliches Sicherheitskonzept erarbeitet, das dem BImSchG-Antrag beiliegt.

Des Weiteren können die Windenergieanlagen von der Feuerwehr über die ausgebauten Erschließungswege erreicht werden.

Schallemission

In Bezug auf die Schallimmission werden die zulässigen Werte gemäß TA-Lärm zugrunde gelegt.

Nutzung	nachts
Allgemeines Wohngebiet	40 dB(A)
Dorf- und Mischgebiet	45 dB(A)
Gewerbegebiet	50 dB(A)

Diese Immissionswerte sind an den nächstgelegenen Immissionspunkten zu unterschreiten.

Als Nachweis, dass die Richtwerte gemäß TA-Lärm eingehalten werden, wurde ein Gutachten bezüglich der Schallimmission erstellt und ist ebenfalls dem BImSchG-Antrag zu entnehmen.

Schattenwurf

Ein einheitliches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Rotorschattenwurfdauer sowie ein Beurteilungsrahmen sind bisher nicht rechtlich verbindlich festgelegt worden. Normen und Richtlinien sowie Orientierungswerte fehlen.

Der Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) empfiehlt einen Richtwert von maximal 30 Stunden pro Jahr bzw. 30 Minuten pro Tag in Bezug auf die astronomisch mögliche Schattenwurfdauer.

Als Nachweis bezüglich des Schattenwurfs wurde ebenfalls ein Gutachten erstellt, welches dem besagtem BImSchG-Antrag zu entnehmen ist.

Naturschutz

Die Unterlagen zur Beurteilung des Eingriffes in Natur und Landschaft sowie zum Bodenschutz sind im Landschaftspflegerischen Begleitplan erfasst und erforderliche Ausgleichsmaßnahmen sind ebenfalls im BImSchG-Antrag beigefügt.

UVP

Die Unterlagen zur standortbezogenen Prüfung der Umweltverträglichkeit der geplanten Windenergieanlagen sind bereits im Rahmen des BImSchG-Antrages beantragt.

Signaturtechnisches Gutachten
zur Planung von Windenergieanlagen im
Bereich Wapeldorf-Heubült
im Einflussbereich der
militärischen Radaranlagen Brockzetel
und Wittmund

Gutachten Nr.: TAEYO2-333/16

(Technischer Abschluss)
12.09.2016

Auftraggeber:

RA Dirk Schröder
Mansholter Straße 30

D-26215 Wiefelstede

Auftragnehmer:

Airbus Defence and Space GmbH
Airbus-Allee 1

D-28199 Bremen

Durchgeführt von:

Dr.-Ing. A. Frye; TAEYO2

unter Beteiligung von:

Dipl.-Math. O. Stelzner; TAEYO2

Dipl.-Ing. M. Gottschalk; TAEYO2

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 73 mit Anhang A bis C.

Inhaltsverzeichnis:

1	Zielsetzung	4
1.1	Bewertung bzgl. des Radars Brockzetel/3D-LV Radar	5
1.2	Bewertung bzgl. des Radars Wittmund.....	7
2	Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse	15
2.1	Radar Brockzetel	15
2.2	Radar Wittmund	18
2.3	Zusammenfassung	22
3	Untersuchung bzgl. Radar Brockzetel	23
3.1	Aufgabenbeschreibung	23
3.2	Referenzuntersuchung	25
3.3	Untersuchungsverfahren	28
3.4	Technische Analyse für das 3D-LV-Radar Brockzetel	30
3.4.1	Künftige Situation mit der geplanten WEA.....	31
3.5	Randbedingungen für Analysen zu einem 3D-LV-Radar	34

3.6	Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen	40
3.6.1	Künftige Situation mit den geplanten WEA.....	41
3.6.2	Bewertung der Darstellung der normierten Feldstärkenverteilungen	43
3.6.3	Beurteilung	44
4	Aufgabenbeschreibung FS-Radar Wittmund	47
5	Untersuchungsverfahren FS-Radar Wittmund.....	50
6	Radarquerschnittanalyse	52
6.1	Ermittlung des RQS der WEA.....	54
7	Bewertung des Gesamteinflusses der WEA-Gruppe bzgl. „Störzellen“ ..	58
7.1	Bewertung bzgl. der Radaranlage vom Typ ASR-S.....	61
7.2	Geplante Situation	63
7.3	Zusammenfassende Beurteilung der verschiedenen Überflugs- Szenarien:	69
Anhang A: Abkürzungen		71
Anhang B: Technische Parameter der geplanten WEA.....		72
Anhang C: Koordinaten		73

1 Zielsetzung

Status des Berichtes:

Der vorliegende Abschlussbericht fasst die bis zum Zeitpunkt des Berichtsdatums erarbeiteten Ergebnisse und Erkenntnisse zusammen. Die Inhalte basieren auf den zum Zeitpunkt der Bearbeitung uns bekannten und durch uns abschätzbaren Forderungen und Vorstellungen der technischen Entscheidungsträger der Genehmigungsbehörden sowie des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik.

Bekannte geplante Windenergieanlagen werden in dieser Analyse als Bestandsanlagen berücksichtigt.

Zielsetzung der Untersuchung:

Die vorliegende Untersuchung bewertet den möglichen technischen Einfluss von fünf geplanten Windenergieanlagen im Bereich Wapeldorf auf die Radarabdeckung des 3D-LV-Radars am Standort Brockzetel sowie des Radars am Standort Wittmund. Geplant sind Anlagen vom Typ Enercon E-82 E2 mit ca. 108 m Nabenhöhe.

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 Bericht nicht.

1.1 Bewertung bzgl. des Radars Brockzetel/3D-LV Radar

Berücksichtigt wurden hierbei insbesondere die Topografie und die exakten Höhenpositionen des Radarsystems sowie der geplanten und vorhandenen Windenergieanlagen. Weiter sind Ergebnisse aus der letzten Sonderversmessung bei der Überprüfung der Ergebnisse berücksichtigt worden.

In der vorliegenden Untersuchung zum LV-Radar werden die technischen Betriebsparameter der Radarortungsanlage Brockzetel, 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.

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 den 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

Die Bewertung der Ergebnisse zum radarwirksamen Verschattungseinfluss bei Luftverteidigungsradarsystemen erfolgt im Hinblick auf die Möglichkeiten einer messtechnischen Erfassbarkeit dieser Einflüsse. Eine Beurteilung, ob diese Einflüsse zu betrieblich relevanten Störungen der Radarortungsanlage von Typ HADR 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 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.

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.

Zielsetzung:

Es werden im Ergebnis Vorschläge formuliert und begründet, an welchen Orten die geplanten Windenergieanlagen unter den genannten radartechnischen Kriterien als zulässig erachtet werden. Das Gutachten dient zur Vorlage und Entscheidungsgrundlage im Rahmen des Genehmigungsverfahrens bei der zuständigen Wehrbereichsverwaltung (WBV) als Betreiber der Radaranlagen Brockzetel. Eine Bewertung der Radaranlagen erfolgt nicht.

1.2 Bewertung bzgl. des Radars Wittmund

Das vorliegende Gutachten bewertet bzgl. der Radaranlage am Flugplatz Wittmund für den Radargerätetyp ASR-S die radartechnischen Störwirkungen des Windparks Wapeldorf-Heubült bezüglich der Planung von fünf Windenergieanlagen vom Typ Enercon E-82 E2 mit einer Nabenhöhe von 108,4 m unter Berücksichtigung der Vorbelastung im Hinblick auf die Möglichkeit von Flugzielverlusten im Falle eines Überfluges über die untersuchte geplante Windenergieanlagenanordnung.

Der geplante Windpark Wapeldorf-Heubült befindet sich südöstlich des Radarstandortes Wittmund in einer Entfernung von ca. 41 km.

Die Untersuchung beurteilt für die geplanten WEAs die Auswirkungen auf mögliche LFZ-Zielverluste in Abhängigkeit von der räumlichen Anordnung der geplanten WEAs sowie die Störwirkungen, die durch die geplanten WEA-Anlagentypen zu erwarten sind. Das Ziel der Untersuchung ist die Identifizierung eines Restrisikos im Hinblick auf LFZ-Zielverluste gegenüber der heutigen Situation.

Bezüglich der Begrifflichkeiten und Definitionen sei auf die Festlegungen gemäß Anhang A verwiesen.

Zielsetzung:

Es wird im Ergebnis begründet, an welchen Orten die geplanten Windenergieanlagen einen Einfluss auf die Radarbilddarstellung haben.

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 dem AFSBw (Amt für Flugsicherung der Bundeswehr) als „Betreiber“ der FS-Radaranlage auf der Liegenschaft in Wittmund. Als Bezugsradarsystem wird das dort vorhandene ASR-S herangezogen. Eine Bewertung der Radaranlagen erfolgt nicht. Die angewandten Kriterien setzen voraus, dass eine Filterung von Windenergieanlagen zur Unter-

scheidung von Flugzielen durch den Radarsensor – wie es bei digitalen Radarsystemen zur Flugsicherung möglich ist – nicht erfolgt und sind damit auf alle Radarsysteme dieses Typs oder vergleichbarer Systeme anwendbar.

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.

Vorbemerkung zur Wechselwirkung zwischen WEA und Radaranlagen der militärischen Flugsicherung

Die Analyse eines möglichen Störpotentials durch die Planung von fünf Windenergieanlagen vom Typ Enercon E-82 E2 mit einer Nabenhöhe von 108,4 m im Gebiet Wapeldorf-Heubült, südöstlich der Liegenschaft Wittmund im Nahbereich der militärischen Flugsicherungsanlagen, wurde erforderlich aufgrund von Bedenken der zuständigen Genehmigungsbehörden, insbesondere der militärischen Flugsicherung.

Entsprechende Bedenken wurden im Zusammenhang mit Windenergieanlagen seit ca. 1998 im Umfeld von Luftverteidigungsradaranlagen stets geäußert und im Rahmen einer umfangreichen, durch Flugvermessungen gestützten Untersuchung unter Leitung des Luftwaffenführungskommandos bestätigt, vgl. Abschlussbericht: "Einfluss von Hindernissen..." vom 15.02.2004. Dabei wurden gezielt für in Betrieb befindliche 3D-Radaranlagen Kriterien und Lösungen für WEAs bzgl. der radartechnisch zulässigen Dimensionen und räumlicher Anordnungen ausgearbeitet und nachgewiesen.

Vergleichbare durch systematische Flugvermessungen messtechnisch bestätigte und verifizierte Kriterien liegen für 2D-Radaranlagen im Rahmen der Förderstudie des BMU seit September 2011 vor:

- Dabei erfolgten an verschiedenen militärischen Flugplätzen die Aufzeichnung von Störeinflüssen von Windenergieanlagen auf das Radarsystem ASR 910 über einen langen Zeitraum unter sehr unterschiedlichen Wetter- bzw. Windbedingungen. Durch diese Ergebnisse konnten verschiedenen Windenergieanlagentypen unterschiedliche Störpotentiale bzw. Störhäufigkeiten zugeordnet werden.
- Auf der Grundlage von Auswertungen zu WEA-Darstellungs- bzw. Störhäufigkeiten sowie auf der Grundlage der Auswertung von LFZ-Überquerungen über WEA-Anordnungen konnten Kriterien für radartechnisch zulässige Anordnungen am Beispiel vorhandener Windenergieanlagenanordnungen und WEA-Typen festgelegt werden.

Liegen für konkrete, geplante WEA-Typen keine im Rahmen von messtechnischen Untersuchungen ermittelten, belastbaren Ergebnisse zur radarwirksamen Darstellungs- oder Störhäufigkeit vor, wird ersatzweise für die Beurteilung dieser Störhäufigkeit eine „Worst-Case“-Betrachtung unter der Annahme der größeren Störhäufigkeiten geringfügig kleinerer messtechnisch untersuchter WEA-Rotoren durchgeführt.

Durch die Bewegung der Rotoren einer WEA wird für den Radarsensor ein Reflexionsobjekt mit einem starken dynamischen Radarquerschnitt bzw. Radarreflexionsintensität generiert. Die Charakteristik eines dynamischen Radarquerschnittes ist einem bewegten Luftfahrzeug sehr ähnlich, so dass für den Radarsensor des eines ASR-S oder vergleichbarer moderner Flugsicherungsradaranlagen eine Unterscheidung gegenüber einem Luftfahrzeug (LFZ) erschwert wird.

Die Störeinflüsse von Windenergieanlagen bei 2D-Radaranlagen zur Flugsicherung sind im Schwerpunkt durch zwei unterschiedliche Erscheinungen beschreibbar:

- a. Jede Windenergieanlage, unabhängig von ihrer Dimension und Rotorblattform, erzeugt mit einer individuellen Häufigkeit auf dem Radarschirm eine ortsfeste Zieldarstellung. In der Umgebung eines Radaranlagenstandortes sind über diese Erscheinung prinzipiell alle vorhandenen Windenergieanlagen sichtbar. Beim ASR-S ist die Darstellung dieser Plots üblicherweise nicht eingeschaltet. Die

Darstellungshäufigkeit von WEAs ist somit kein direktes Maß für deren Störwirkung. In der Umgebung des Flugplatzes bzw. im Überwachungsbereich des Radars ist bereits eine größere Anzahl von Windenergieanlagen vorhanden. Zusätzliche Windenergieanlagen können beim ASR-S zu LFZ-Plotausfällen sowie hierdurch bedingte Trackabbrücke generieren. In seltenen Fällen können WEA-Plots zu einer Trackablenkung bzw. Falschtracks führen.

WEA-Plots verursachen in der Radardarstellung bei Windstille – wenn der Windenergieanlagenrotor nicht dreht – keine LFZ-Plotausfälle. Sie sind durch technische Maßnahmen bei Windenergieanlagen nicht lösbar, da hierzu eine Minderung der Reflexionsintensität von Windenergieanlagen über mehrere Dekaden, d. h. mehr als 30 dB (Faktor 1000), notwendig wäre, die technisch nicht möglich ist. Zugleich muss darauf hingewiesen werden, dass die Radardarstellung zugleich die Einblendung von einfachen Karten, z. B. Küstenlinien, als Orientierungshilfe in gleicher Weise ermöglicht.

- b. Beim Überflug über Windparks oder über mehrere räumlich eng angeordnete Windenergieanlagen zeigen sich Schwächungen der Primärzieldarstellung bei der Überwachung von LFZ-Bewegungen im direkten Umgebungsgebiet um und über WEAs für alle Flughöhen. Eine falsche Trackgenerierung ist ebenfalls möglich.

Dieser Sachverhalt kann für die Flugsicherung eine schwerwiegende Problematik eines nicht akzeptablen LFZ-Zielverlustes bewirken und ist der Schwerpunkt der technischen Beurteilung des vorliegenden Gutachtens. Diese Problematik wird sehr stark bestimmt durch die räumliche Anordnung der geplanten Windenergieanlagen sowie die technischen Parameter der Windenergieanlagen, die die Störwirkung bestimmen. Durch technische Maßnahmen bei den Windenergieanlagen sowie durch deren räumliche Anordnungen im Hinblick auf mögliche Überflugszenarien von LFZs sind hier Maßnahmen zur Problemlösung oder Problemminderung möglich. Diese Maßnahmen sind im Hinblick auf künftige digital arbeitende Radarsysteme zur Flugsicherung besonders vorteilhaft, weil eine Unterscheidung zwischen einer WEA und einem LFZ unterstützt wird.

In diesem Zusammenhang kann festgestellt werden, dass abhängig von der Verweildauer eines LFZs im Fall des Überfluges im entsprechend betroffenen Luftraumgebiet oberhalb einzelner WEAs oder kleiner isoliert stehender Windparks diese nicht zwangsläufig als Ursache entsprechender Störungen wirksam werden, wenn die Verweildauer eines LFZ oberhalb dieses Gebietes geringer ist als drei Antennenumschwenkzeiten.

Zusätzlich wurden im vorliegenden Gutachten technische Erkenntnisse aus nachstehenden Dokumentationen und Besprechungen berücksichtigt:

- Abschlussbericht: Einfluss von Hindernissen auf HF-gestützte Führungsmittel vom 15.02.2004
- Feldstudie RAF AWC „The Effects of Wind turbine Farms on ATC Radar“ vom 10.05.2005
- Messtechnische Untersuchung an Windenergie rotorblättern zur Ermittlung von reflexionsdämpfenden Möglichkeiten vom 04.06.2003 und 15.01.2004.
- Report DoD USA „ THE EFFECES OF WIND TURBINE FARMS ON MILITARY READINESS 2006“
- aktuelle Empfehlungen von EUROCONTROL gemäß Doc ID 0.3 vom 18.05.2008
- BMVg IT 4 – Schutzbereich von Funkstellen (allgemeiner Umdruck Nr. 51)
- Besprechung und Vortrag bei „EUROCONTROL / Wind energy task group“ vom 01.03.2006 „Potential effects of wind turbines and justiciable solutions“.
- Technische Dokumentation zum 2D-Radar „ASR-S“ des Herstellers
- Technische Dokumentation des AFSBw zum ASR 910
- Ergebnisse einer BMU-Studie zum Störeinfluss von WEAs auf Radarsysteme zur Flugsicherung – Ergebnispräsentation von 09.12.2008 .
- ICAO EUR Doc. 15 2nd Edition, September 2009
- ICAO – Doc 8071 – Manual on Testing of Radio Navigation Aids; Vol. III
- EUROCONTROL-Doc. “Assessment Methodology to Determine the Impact of Wind Turbines on ATC Surveillance Systems, Edition Number 0.4 (3.2.3 ff)”

- EUROCONTROL-Doc. "Wind farm impact assessment technique and mitigation measures, Edition 0.5
- Besprechung mit AFSBw im Rahmen des BMU – Fördervorhabens „ Fortführung WEA – Radarverträglichkeit“ vom 11.+12.05.2010
- Eurocontrol “ Guidelines from Wind turbine task force “ Version 1.0 from May 2010
- Abschlussbericht des BMU-Fördervorhaben „Fortführung WEA – Radarverträglichkeit“ von September 2011
- Datenaufzeichnung und Auswertung am Radar in Wittmund vom Typ ASR-S am Beispiel eines vorhandenen Windparks im Dezember 2015
- Besprechung beim Luftfahrtamt der Bundeswehr Referat 3 II e bzgl. der Bewertung für das ASR-S vom 19.01.2016
- Datenaufzeichnung und Auswertung am Radar in Schleswig vom Typ ASR-S am Beispiel zweier vorhandener Windparks im Juli 2016

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

Zur Bewertungsmethodik:

Die technischen Erfordernisse für die Planung von Windenergieanlagen im Gebiet Wapeldorf-Heubült erfolgen unter den Randbedingungen des Radarsystems ASR-S oder funktionsgleicher anderer Radarsysteme. Grundlage sind die WEA-Standorte gemäß der Koordinaten aus Tabelle 1.

I.

Die Bewertung der WEAs erfolgt unter der Maßgabe, dass die zu betrachtenden durch WEAs beeinflussten Zellen in einem definierten Polar Flächenraster (DCM-Zellen) vorliegen, welcher auf den Radarstandort ausgerichtet ist. Beim ASR-S weist jede dieser DCM-Zellen in einer Entfernung zwischen 12,3 km und 70 km zum

Radargerät 299,7 m x 1,8° auf. Bei Entfernungen von weniger als 12,3 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen 299,7 m x 3,6°.

II:

Die für die Bewertung angenommene LFZ-Überfluggeschwindigkeit wird mit 180 km/h (50 m/s) angegeben, dabei wird ein störrelevanter Trackverlust bei weniger als drei Antennenumdrehungen ausgeschlossen.

Die Beurteilung der LFZ-Verweildauer im Falle eines Überflugs über die Gesamtanordnung der projizierten WEA-Standorte gemäß Tabelle 1 führt auf eine Zunahme der Flugzielverluste infolge der durch WEAs beeinflussten DCM-Zellen (im Folgenden als Störzellen bezeichnet). Nach der Errichtung der WEAs sind bei Überflügen Flugzielverluste mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit der Überflugrichtung zu erwarten. Bei diesem Bewertungsverfahren wurden der Geländeeinfluss sowie die reale Erfassbarkeit von Windenergieanlagen entsprechend der Ergebnisse der BMU-Studie aus 2011 berücksichtigt.

III.

Die tatsächliche Störrelevanz innerhalb einer Störzelle wird durch die Position bzw. die Anordnung der WEAs innerhalb und außerhalb der betrachteten Störzelle bestimmt. Zudem sind die Intensität und die zeitliche Änderung der Radarreflektivität bzw. des RQS (Radarrückstreuquerschnitt) einer WEA maßgeblich.

Von Bedeutung ist jedoch, dass der RQS für die geplante WEA eine Größenordnung zeigt, die deutlich über der Detektionsschwelle des ASR-S sowie anderer moderner 2D-Radarsysteme liegt, so dass eine Bewertung der WEA-Erfassung durchgeführt werden muss.

Ein LFZ-Trackverlust ist gemäß den Forderungen und Festlegungen der Flugsicherung ab der dritten durch eine WEA gestörten Detektion gegeben.

Bei Radaranlagen der Flugsicherung wird für eine sichere Flugzielerfassung eine Wahrscheinlichkeit ($P_{D_{LFZ}}$) von mindestens 90 % gefordert, die realiter diffizil zu erreichen ist.

Der oben gewählte Ansatz stellt im Hinblick auf die Bewertung von Überflügen über WEA einen Worst-case Ansatz dar.

So wäre eine LFZ-Zielverlustwahrscheinlichkeit von unter 10 % für die o. g. Forderung von mindestens 90 % für die $P_{D_{LFZ}}$ rechnerisch ohne Wirkung. Dieser Ansatz wird jedoch im vorliegenden Fall nicht verfolgt, weil eine Anhebung der Falschalarmrate (FAR) in diesem Zusammenhang ebenfalls zu berücksichtigen ist.

2 Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse

2.1 Radar Brockzetel

Die nachstehend dargestellte geplante WEA-Anordnung stellt für die Radaranlage Brockzetel eine der bisherigen Betriebssituation gleichwertige Situation dar.

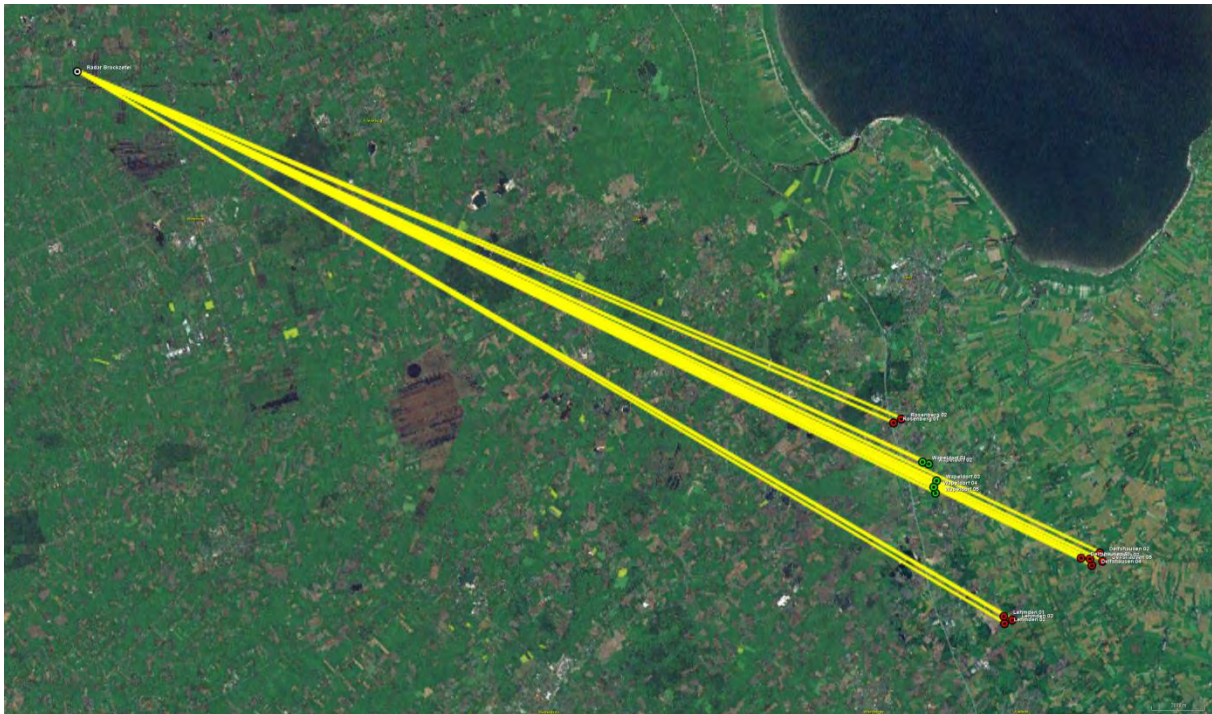


Abbildung 1: Grafische Übersicht auf die gekennzeichneten Windenergieanlagen (rot=Bestand, grün=Planung). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Brockzetel sind durch gelbe Linien gekennzeichnet. Das Planungsgebiet ist im rechten Bildbereich in der Mitte zu sehen.

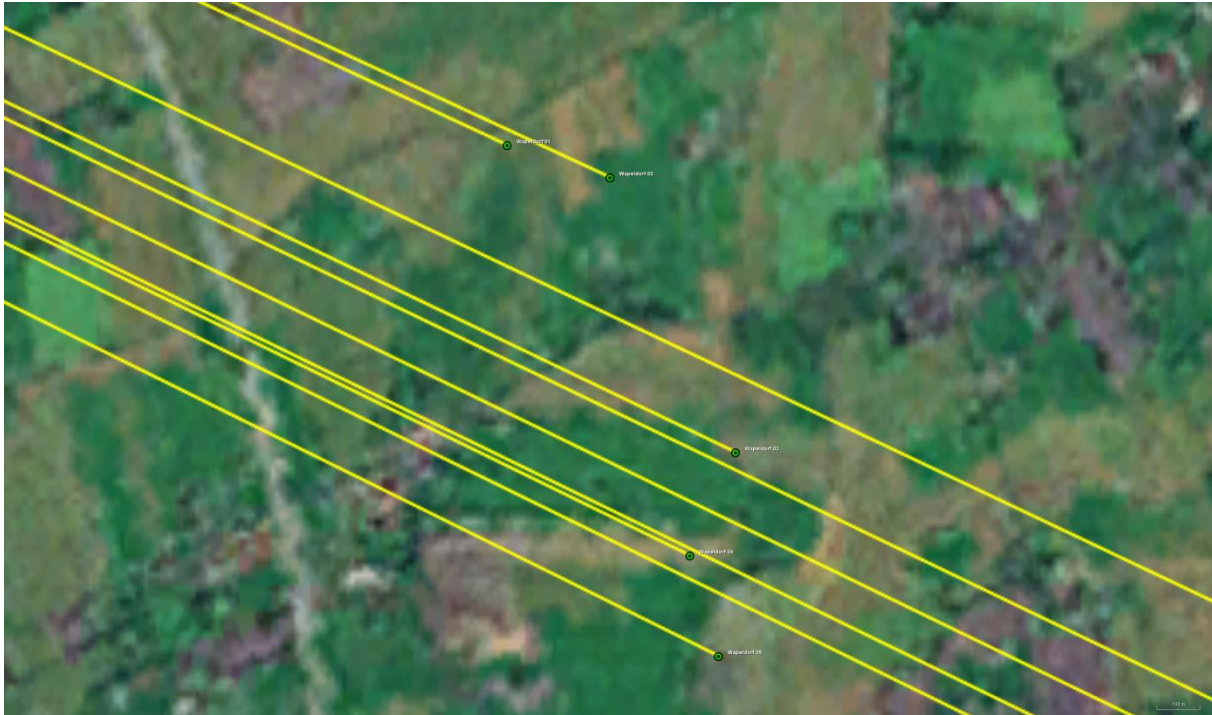


Abbildung 2: Grafische Detailansicht auf die geplanten Windenergieanlagen (grün)

Durch die geplanten WEA erfolgt zusammen mit den Bestandsanlagen eine lokale Änderung der WEA-Verdichtung mit Wechselwirkungen untereinander. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Brockzetel sind gelb gekennzeichnet.

Bei der Realisierung der Planungsstandorte sind Ortsabweichungen gegenüber den Koordinaten gemäß Tabelle 4 in der Größenordnung des Säulendurchmessers im unteren Höhenbereich ohne Einfluss auf die Ergebnisse in allen Richtungen zulässig.

Für die vorliegende Radaranlage Brockzetel, die als 3D-Radaranlage zur Luftverteidigung dient, ergibt sich für keine der untersuchten WEA-Anordnungen eine messbare Minderung der Radarerfassung. Das Kriterium ist hierzu 96,2% als messtechnische Nachweisgrenze.

Ebenfalls sind die Forderungen bzw. Empfehlungen gemäß des Dokuments "EUROCONTROL Guidelines Edition 1.1", Table 3 : "Move wind turbine out of radar line of sight " durch die Planungen im radartechnische Sinne erfüllt.

Die Streufeldeinflüsse, bedingt durch die zukünftige Windparksituation mit den geplanten und den vorhandenen WEAs, weisen eine geringe Intensitätszunahme auf, infolge derer jedoch keine feststellbaren Auswirkungen wie Zielerfassungsverluste oder Fehler bei Laufzeit- bzw. Distanzmessungen auf das Radarsystem zu erwarten sind. Eine messbare Störung des Radars Brockzetel in der Planungssituation kann ausgeschlossen werden.

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 Planungsstandorte gemäß Tabelle 4 gültig sind.

2.2 Radar Wittmund

Um eine Situation sicherzustellen, die auch bei Errichtung der geplanten WEAs für die Radaranlage in Wittmund eine der bisherigen Betriebssituation gleichwertige Beeinflussung schafft, ist die nachstehende Anordnung der grün gekennzeichneten WEAs gemäß Abbildung 3 und Tabelle 1 zulässig:



Abbildung 3: Detailübersicht der geplanten Windenergieanlagen (grün). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Wittmund sind gelb dargestellt.

Die Standorte der geplanten Windenergieanlagen (grün) sind gekennzeichnet. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Wittmund sind gelb gekennzeichnet.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Naben-höhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
Planung Wapeldorf-Heubült							
Wapeldorf 01	Enercon E-82 E2	53° 20' 6,30"	8° 8' 40,79"	108,38	-0,0178	39914,96	126,9168
Wapeldorf 02	Enercon E-82 E2	53° 20' 3,90"	8° 8' 53,59"	108,38	-0,0188	40148,42	126,7962
Wapeldorf 03	Enercon E-82 E2	53° 19' 43,43"	8° 9' 9,24"	108,38	-0,0212	40762,96	127,2588
Wapeldorf 04	Enercon E-82 E2	53° 19' 35,76"	8° 9' 3,56"	108,38	-0,0217	40825,34	127,6124
Wapeldorf 05	Enercon E-82 E2	53° 19' 28,27"	8° 9' 7,11"	108,38	-0,0224	41019,92	127,8107
Planung Lehmden							
Lehmden 01	Enercon E-82 E2	53° 16' 58,08"	8° 11' 25,57"	108,38	-0,051	45953,05	130,3822
Lehmden 02	Enercon E-82 E2	53° 16' 49,22"	8° 11' 26,92"	108,38	-0,0525	46151,36	130,6193
Lehmden 03	Enercon E-82 E2	53° 16' 53,60"	8° 11' 42,66"	108,38	-0,0542	46283,34	130,2559
Planung Delfshausen							
Delfshausen 01	Enercon E-82 E2	53° 18' 8,66"	8° 14' 3,17"	108,38	-0,0552	46871,19	126,0269
Delfshausen 02	Enercon E-82 E2	53° 18' 7,58"	8° 14' 21,07"	108,38	-0,0568	47157,86	125,82
Delfshausen 04	Enercon E-82 E2	53° 17' 59,61"	8° 14' 24,88"	108,38	-0,0577	47360,8	126,0098
Delfshausen 05	Enercon E-82 E2	53° 18' 4,80"	8° 14' 46,94"	108,38	-0,059	47595,39	125,5621
Delfshausen 03	Enercon E-82 E2	53° 18' 14,86"	8° 14' 41,36"	108,38	-0,0574	47329,29	125,3312
Bestand							
Liethe 01	NEG Micon NM54	53° 16' 43,08"	8° 11' 11,34"	70	-0,1113	46059,45	131,0332
Liethe 02	NEG Micon NM54	53° 16' 41,32"	8° 11' 24,13"	70	-0,1122	46273,24	130,8895
Liethe 03	NEG Micon NM54	53° 16' 34,98"	8° 11' 18,14"	70	-0,1124	46319,78	131,1622
Liethe 04	NEG Micon NM54	53° 16' 31,20"	8° 11' 7,11"	70	-0,1121	46244,98	131,4386
Liethe 05	NEG Micon NM54	53° 16' 29,83"	8° 11' 26,81"	70	-0,1134	46545,62	131,1775
Liethe 06	NEG Micon NM54	53° 16' 24,06"	8° 11' 11,50"	70	-0,113	46452,99	131,5744
Liethe 07	NEG Micon NM54	53° 16' 22,74"	8° 11' 33,94"	70	-0,1145	46790	131,2708
Liethe 08	NEG Micon NM54	53° 16' 20,90"	8° 11' 22,04"	70	-0,1139	46663,55	131,5031
Lehmden B01	Enercon E-58	53° 17' 2,11"	8° 11' 11,67"	59	-0,1234	45676,76	130,475
Rosenberg 01	Enercon E-82 E2	53° 20' 54,00"	8° 7' 41,75"	108,38	-0,0033	38155,89	126,1491
Rosenberg 02	Enercon E-82 E2	53° 20' 58,71"	8° 7' 57,74"	108,38	-0,0052	38308,06	125,7108

Tabelle 1: Koordinatenübersicht über die geplanten Windenergieanlagen (grün) sowie die Vorbelastung (blau/magenta/rot). Die grün gekennzeichneten geplanten WEAs sind radartechnisch zulässig.

Bei der Realisierung der Planungsstandorte sind Ortsabweichungen in allen Richtungen gegenüber den Koordinaten gemäß Tabelle 1 in der Größenordnung des Säulendurchmessers – im unteren Höhenbereich – ohne Einfluss auf die Ergebnisse in allen Richtungen zulässig.

Zusätzlicher Handlungsbedarf für die zulässigen geplanten Windenergieanlagen besteht bei den festgestellten Einflüssen nicht.

Bewertung:

Grundlage sind die technischen Erfordernisse des Radarsystems ASR-S oder funktionsgleicher anderer Radarsysteme, sowie die WEA-Standorte gemäß Tabelle 1.

Untersucht wurde die geplante Situation unter Berücksichtigung der benachbarten Vorbelastung. Aufgrund des ausreichend großen Abstandes zu den benachbarten WEAs kann die Planung gesondert betrachtet werden.

Auf der Grundlage aller durchgeführten Überflugbewertungen bzgl. zu erwartender Zielverlustwahrscheinlichkeiten von LFZ kann festgestellt werden, dass durch die geplante Situation ein Störzelligebiet vorliegt, bei dem bzgl. der Radaranlage Wittmund bei allen Überflugrichtungen die Zielverlustwahrscheinlichkeiten für ein LFZ mit einem RQS von 3 m^2 ausreichend gering sind.

Eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von über 50 % für ein LFZ mit einem RQS von 3 m^2 nicht mehr als zweimal in Folge gegeben. Ein LFZ-Zielverlust/Trackverlust ist gemäß den Forderungen und Festlegungen der Flugsicherung erst ab der dritten durch eine WEA gestörten Detektion gegeben.

Im Zusammenhang mit dem Flugpfad D sei darauf hingewiesen, dass bei tangential orientierten Flugpfaden relativ zum Standort des Radarsystems generell Einschränkungen bei der Darstellung von LFZ-Bewegungen aufgrund fehlender radialer Dopplerinformationen vorliegen.

Es muss stets dabei deutlich unterschieden werden zwischen der grundsätzlich angegebenen Möglichkeit für einen LFZ-Trackverlust, der als Kumulation verschiedener Ergebnisse angegeben wird, und der Wahrscheinlichkeit, dass ein LFZ-Zielverlust bei einer bestimmten Detektion eintritt. In dem Zusammenhang ist zu beachten, wie lange ein derartiger Verlust gegeben ist.

Die Berechnungen beruhen auf der Annahme der Hauptwindrichtung für das Windparkgebiet von ca. 230° (Jahresmittel).

Eine ausführliche technische Bewertung der Überflugproblematik, der Radardarstellung sowie unterstützender bzw. kompensierender Maßnahmen erfolgt in Kapitel 7.

Empfehlung:

Unter Abwägung der verschiedenen untersuchten Überflugpfade ist die Realisierung der geplanten WEAs als Enercon E82 E2 radartechnisch zulässig, da keine relevanten Zielverlustwahrscheinlichkeiten festzustellen sind, die zu einem Trackabbruch für ein LFZ mit einem RQS von 3 m² (Klasse Cessna oder größer) führen. Eine Fremdabschaltung für die geplanten WEAs ist daher nicht notwendig.

2.3 Zusammenfassung

Auf der Grundlage der vorgenannten Feststellungen und unter Beachtung der Empfehlung werden die geplanten WEA-Typen an den geplanten Standorten sowie in der vorgesehenen angegebenen Bauhöhe – vgl. Tabelle 4 sowie Anhang auf Seite 73 – als radartechnisch vertretbar und zulässig betrachtet.

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 und Dipl. Ing. M. Gottschalk 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, der Lehre und den Erfahrungen der Praxis.



Dr.-Ing. A. Frye, 12.09.2016

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Hochfrequenz- und Signaturtechnik

3 Untersuchung bzgl. Radar Brockzetel

3.1 Aufgabenbeschreibung

Südöstlich des Radarstandortes Brockzetel ist in einer Distanz von ca. 35 km Entfernung die Errichtung von fünf Windenergieanlagen des Typs Enercon E-82 E2 mit ca. 108 m Nabenhöhe vorgesehen. Berücksichtigt werden ebenfalls diverse Bestandsanlagen, die in einem radarwirksamen Zusammenhang mit den Planungsanlagen stehen. Die Bestandsanlagen befinden sich in ca. 33 km bis ca. 43 km Entfernung vom Radar Brockzetel.

Geplante Anlagen:

Die technischen Parameter der geplanten Anlagen sind auf Seite 72 aufgeführt. Die ermittelten Ergebnisse in diesem Gutachten behalten auch bei einem ggf. kleineren Rotordurchmesser ihre Gültigkeit ohne Einschränkungen.

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.

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

Die Angaben zu den Planungs- und Bestandsanlagen wurden vom Kunden zur Verfügung gestellt.

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 Windenergieanlagen-Anordnungen im Einflussbereich/Arbeitsbereich von Navigationsanlagen des Typs DVOR in Deutschland im Jahr 2004.
- 11) 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.
- 12) Report DoD USA „ THE EFFECES OF WIND TURBINE FARMS ON MILITARY READINESS 2006“.
- 13) Eurocontrol “ Guidelines from Wind turbine task force “ Version 1.0
- 14) ICAO EUR Doc. 15 2nd Edition, September 2009.
- 15) ICAO – Doc 8071 – Manual on Testing of Radio Navigation Aids; Vol. III.

- 16) Präsentation "Beurteilung von WEA, Version 1.2 " des Kdo LRÜ vom 22.03.2011
- 17) Sondervermessung des Radars Auenhausen zum Einfluss von Windenergieanlagen – nicht öffentlich - im Auftrag des Einsatzführungsdienstes der Luftwaffe, Ausfertigung Januar 2013

3.3 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 Abschattungswirkungen sowie der Wechselwirkungen der Windenergieanlagen untereinander wurden die Feldberechnungen bei jeder einzelnen Konfiguration einer Windenergieanlage oder einer Gruppe von Windenergieanlagen für verschiedene Raumgebiete sowie unterschiedliche Höhen durchgeführt. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Schwerpunkt auf einen sehr niedrigen Elevationswinkel von $0,2^\circ \dots 0,22^\circ$ gelegt. Dabei wurde diese leicht geneigte Analyseebene derart im Raum bzgl. der Höhen angeordnet, dass der Höhenbereich der Gondeln, d. h. der Bereich, in dem die intensivsten Störungen hervorgerufen werden können, abgetastet 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 ergeben können, berücksichtigt.

Das elektromagnetische Strahlungsfeld wird im gesamten Entfernungsbereich 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 50 km 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 50 km 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 auf Seite 71) nachweisbar beurteilt, wenn die Feldstärkeminderungen am Ort der Empfangsantenne zu einer Reichweitenminderung auf unter 96,2 % 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 in Rahmen dieser Untersuchung nicht.

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

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 der WEAs mit den stärksten radialen Verdichtungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind damit übertragbar auf die gesamte Planung. Ein geringfügig größerer Rotordurchmesser bewirkt keine Abweichungen von den nachfolgenden Analyseergebnissen.

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.

3.4.1 Künftige Situation mit der geplanten WEA

1. **WEA-Zweifachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 2. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 34,4 km zur Radaranlage Brockzetel durchgeführt.

T1

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
Rosenberg 01	Enercon E-82 E2	108,38	33474,52
Wapeldorf 02	Enercon E-82 E2	108,38	35321
			<hr/>
			34397,76

Tabelle 2: Teilanordnung T1

2. **WEA-Zehnfachanordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 3. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 39 km zur Radaranlage Brockzetel durchgeführt.

T2

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]
Wapeldorf 02	Enercon E-82 E2	108,38	35321
Wapeldorf 01	Enercon E-82 E2	108,38	35074,79
Delfshausen 03	Enercon E-82 E2	108,38	42581,04
Wapeldorf 03	Enercon E-82 E2	108,38	35852,8
Delfshausen 05	Enercon E-82 E2	108,38	42808,51
Delfshausen 02	Enercon E-82 E2	108,38	42339,78
Delfshausen 01	Enercon E-82 E2	108,38	42027,11
Wapeldorf 04	Enercon E-82 E2	108,38	35861,39
Delfshausen 04	Enercon E-82 E2	108,38	42511,38
Wapeldorf 05	Enercon E-82 E2	108,38	36022,39
			<hr/>
			39040,02

Tabelle 3: Teilanordnung T2

Abbildung 4 gibt die untersuchte Kubatur der Naben- und Generatorbauform wieder. Die Abmessungen der nachgebildeten Generatorgondel sowie der Durchmesser des jeweiligen oberen Säulenanschlusses sind angegeben.

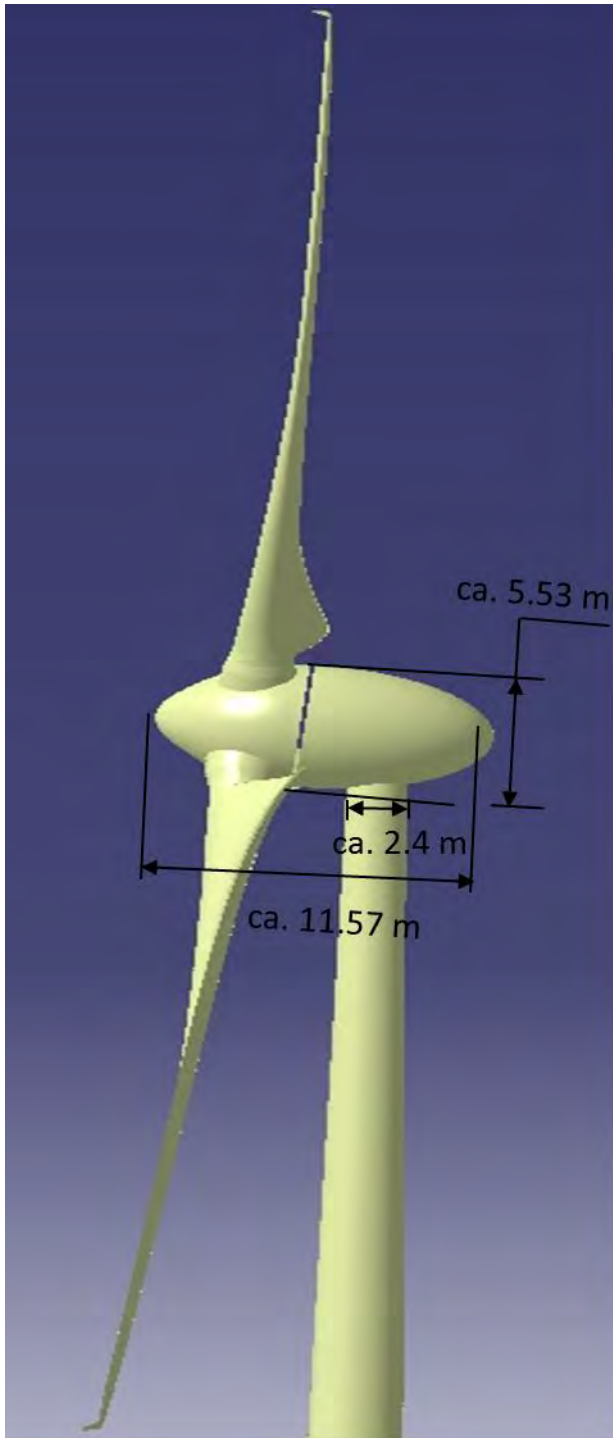


Abbildung 4: Schematische Objektgeometrie für die geplante WEA-Bauform Enercon E-82 E2 mit ca. 82 m Rotor, wie für die Analysen berücksichtigt

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

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



Abbildung 5: Luftaufnahme der Standorte der geplanten, grün gekennzeichneten Windenergieanlagen (rechts Mitte im Bild) sowie der rot gekennzeichneten Bestandsanlagen. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Brockzetel sind gelb gekennzeichnet.

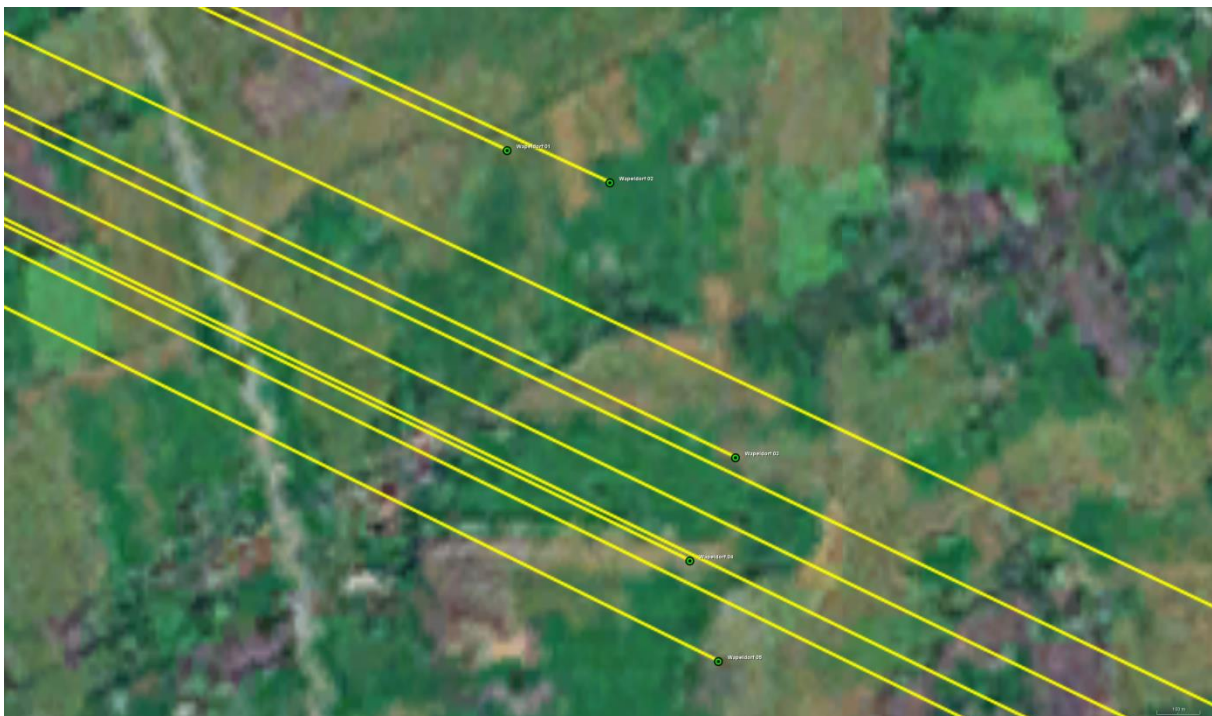


Abbildung 6: Detailansicht der Standorte der geplanten, grün gekennzeichneten Windenergieanlagen. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Brockzetel sind gelb gekennzeichnet.

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 Radarortungsanlage zeigende Verschattungswirkung.

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 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. Dieser Wert wird nachstehend als Entscheidungskriterium herangezogen.

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

Die nachstehende Abbildung 7 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 7 sind die Grundlage für die Untersuchungen. Die analysierten Ergebnisse aus Kapitel 3 sind gültig für Elevationswinkel bei $0,2^\circ$.

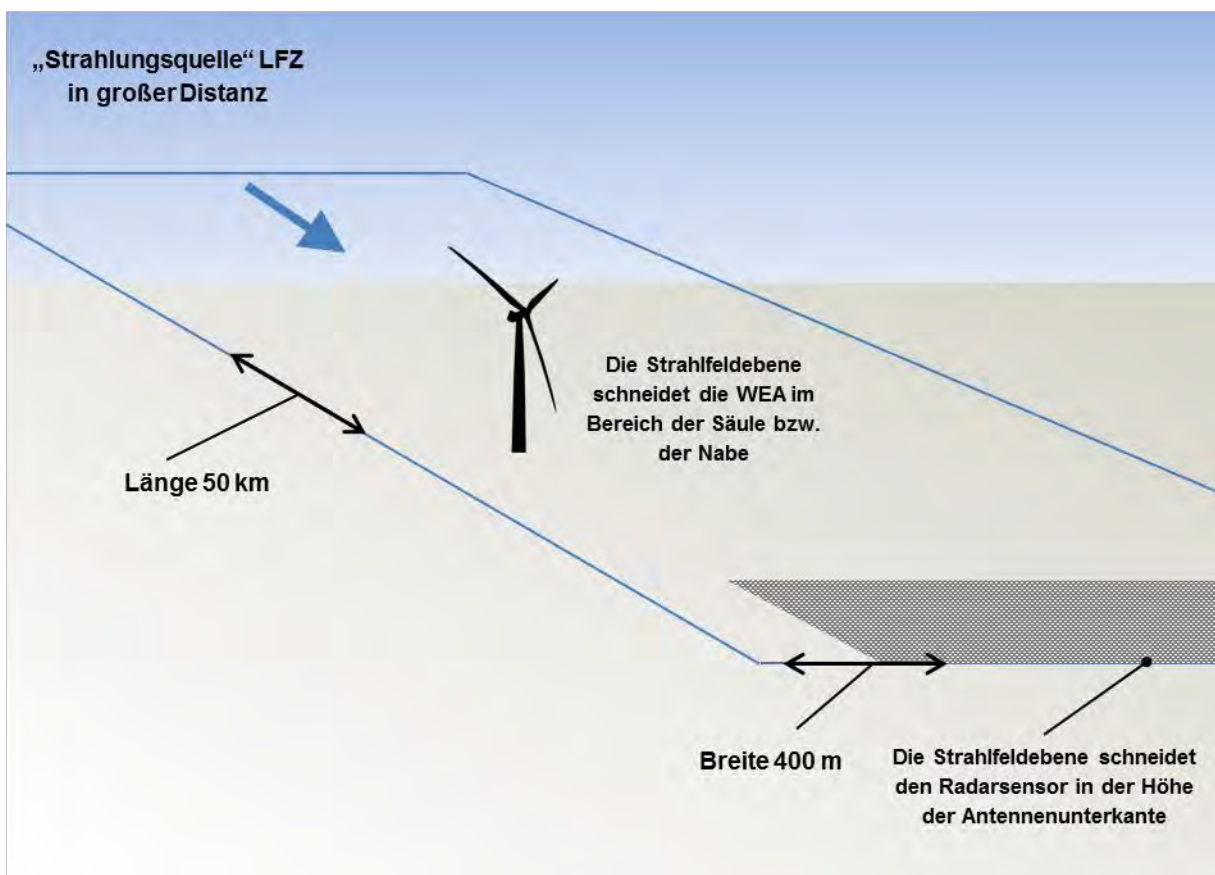


Abbildung 7: Schematische Darstellung: Anordnung von Radar und WEA sowie Lage des in dieser Untersuchung dargestellten Luftraums mit einer Ausdehnung von (hier) 50 km x 400 m Breite. Das LFZ wird in einer Distanz von bis zu 130 NM angenommen.

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 angege-

ben) stets ein Feldgebiet für den Sekundärpfad im Streckenabschnitt vor der Radaranlage, das das vom LFZ reflektierte Signal zur Radaranlage bis 50 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.

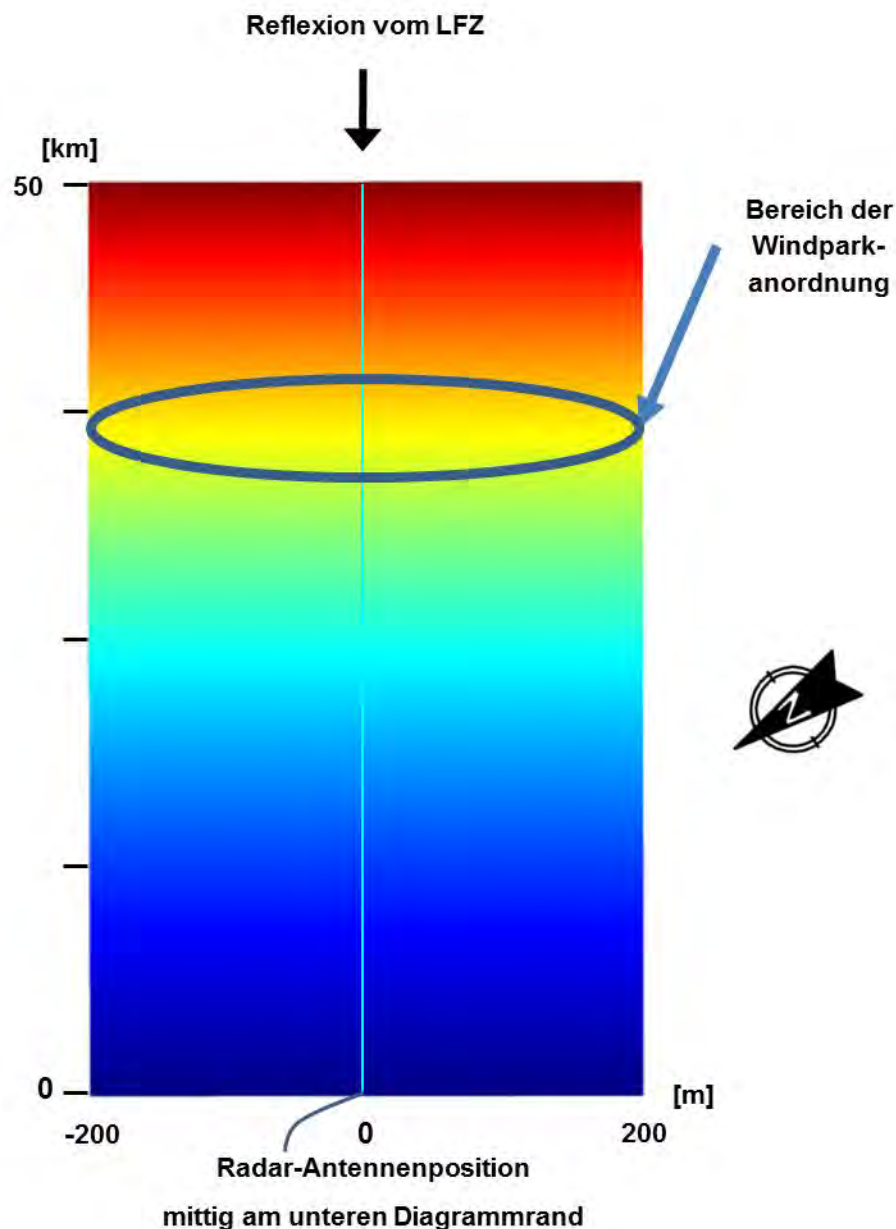


Abbildung 8: Feldgebiet von 50 km x 400 m in der schematischen Übersicht für das Radar Brockzetel

Das Untersuchungsgebiet ist in der Übersicht dargestellt. Der Feldstärkeverlauf ist farblich in verschiedenen Abstufungen angegeben. Der Ort des geplanten Windparks wurde in Abbildung 8 schematisch in der geplanten Distanz zu den Radarsystemen als schwarze Ellipse gekennzeichnet. Die gemittelte Distanz des gesamten zukünftigen Windparks zum Radar Brockzetel liegt bei ca. 36 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 Windenergieanlage erfolgt gemäß Abbildung 4. Die Strahlungsfeldanalyse erfolgt für die vorgenannten Anlagentypen und Standortkombinationen.

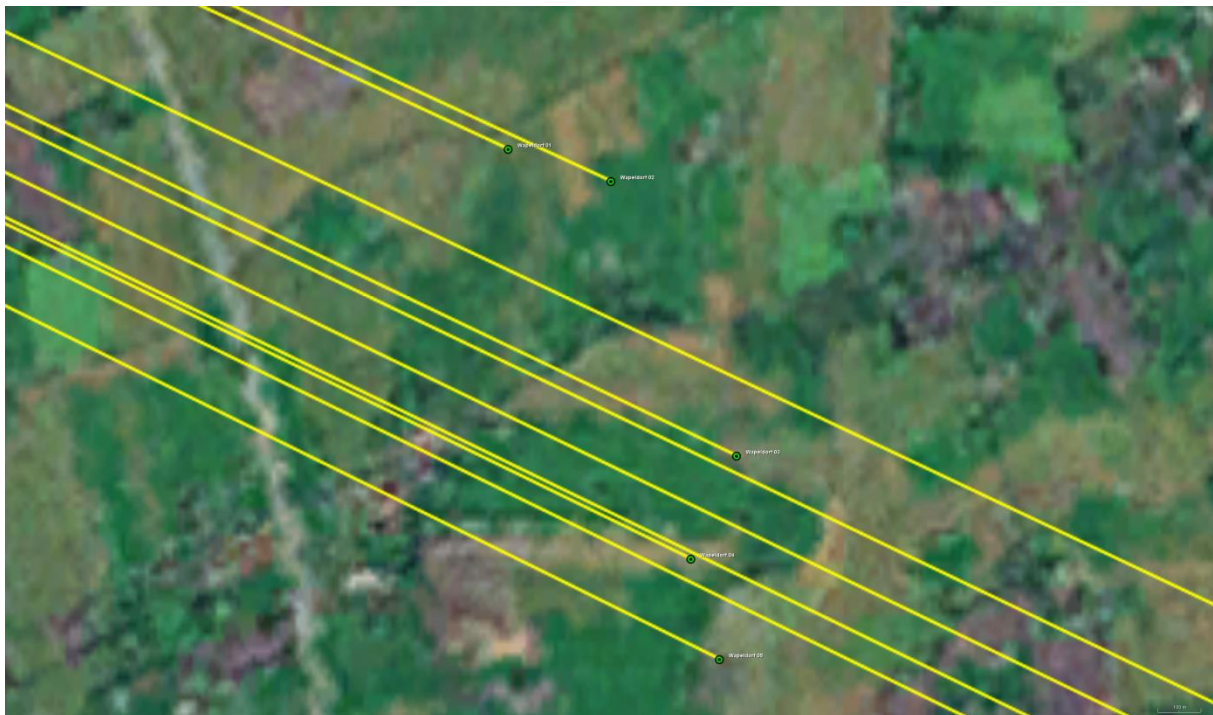


Abbildung 9: Untersuchte Planungsstandorte (grün) mit Radarbezug (gelb)

Die Abbildung 10 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 Brockzetel gilt für den Fall ohne WEA im Rahmen der Simulation zum Strahlungsfeld der Referenzwert von:

-16,227 dBV/m (normierte Empfangsfeldstärke)

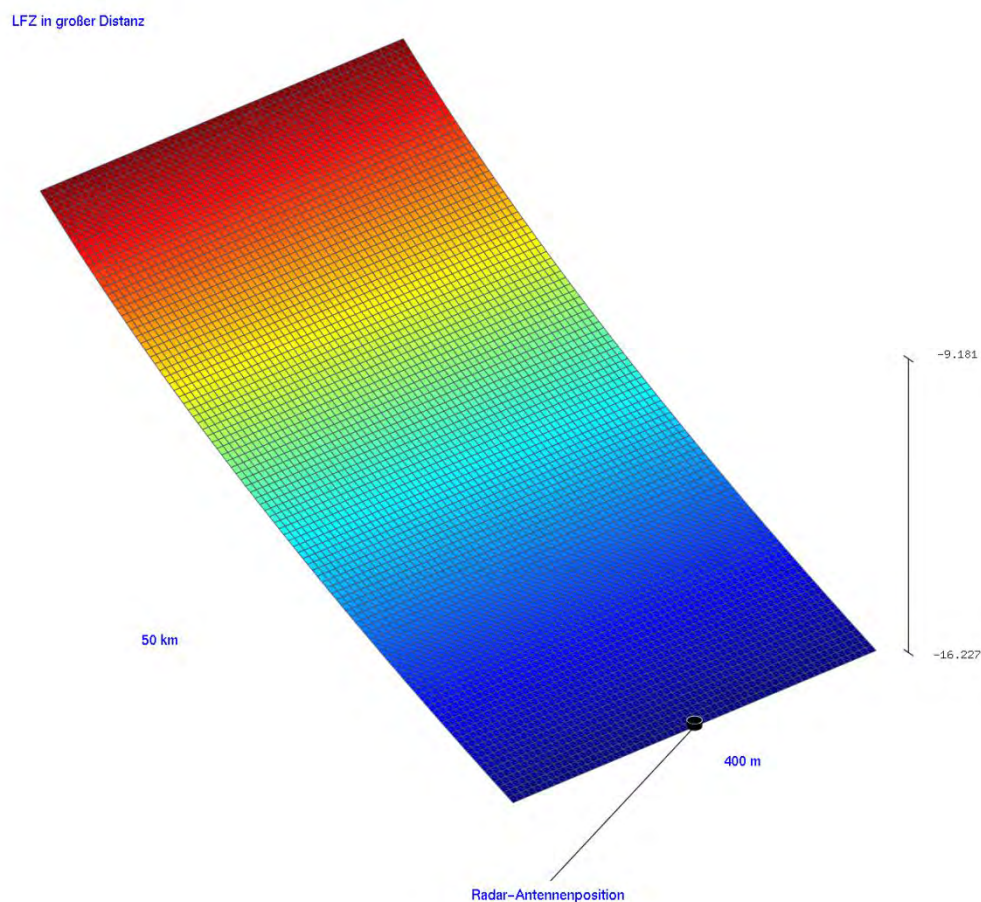


Abbildung 10: Das dargestellte Raumgebiet mit einer Elevation von $0,2^\circ$ ohne WEA-Einfluss sowie ohne Berücksichtigung der Topografie bzw. der relevanten Höhenunterschiede zwischen dem Radarstandort und den geplanten WEA-Standorten in der Konturdarstellung der normierten Feldstärkenverteilung für die Betriebsfrequenz des Radars Brockzetel

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.

3.6 Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen

Die Nachbildung einer Windenergieanlage erfolgt schematisch betrachtet gemäß Abbildung 4. Die Strahlungsfeldanalyse erfolgt für die vorgenannten Anlagentypen und Standortkombinationen.

Die Ergebnisse gemäß Abbildung 11 bis Abbildung 12 geben für die Frequenz von ca. 3,1 GHz der militärischen Radaranlage Brockzetel die Ergebnisse der künftigen Situation für die Anordnung mit den geplanten Windenergieanlagen und den Bestandsanlagen 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 Auswertung der Analysen für den Ort der empfangenden Radarortungsanlage erfolgt mittels der Feldpunktgitter, über das die Orte der berechneten Feldstärkewerte festgelegt sind.

3.6.1 Künftige Situation mit den geplanten WEA

WEA-Zweifachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 2. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 34,4 km zur Radaranlage Brockzetel durchgeführt.

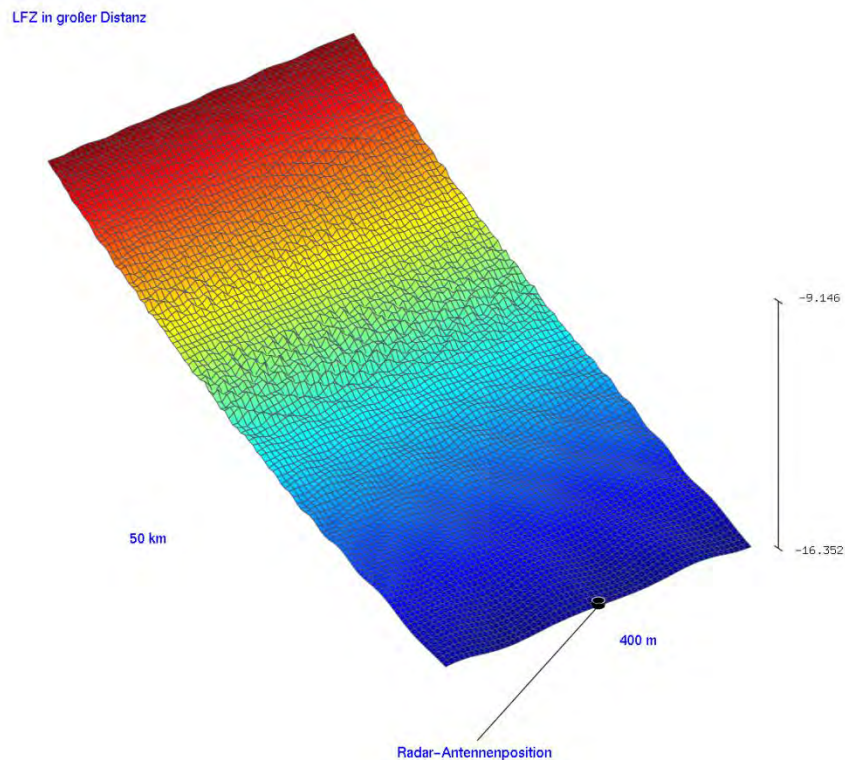


Abbildung 11: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Zweifach-Anordnung im Einflussbereich der Radaranlage Brockzetel mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 11 mit -16,352 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

98,57 %.

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

WEA-Zehnfachanordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 3. Die Analysen werden für die dort aufgeführten Standorte bei einer Distanz von ca. 39 km zur Radaranlage Brockzetel durchgeführt.

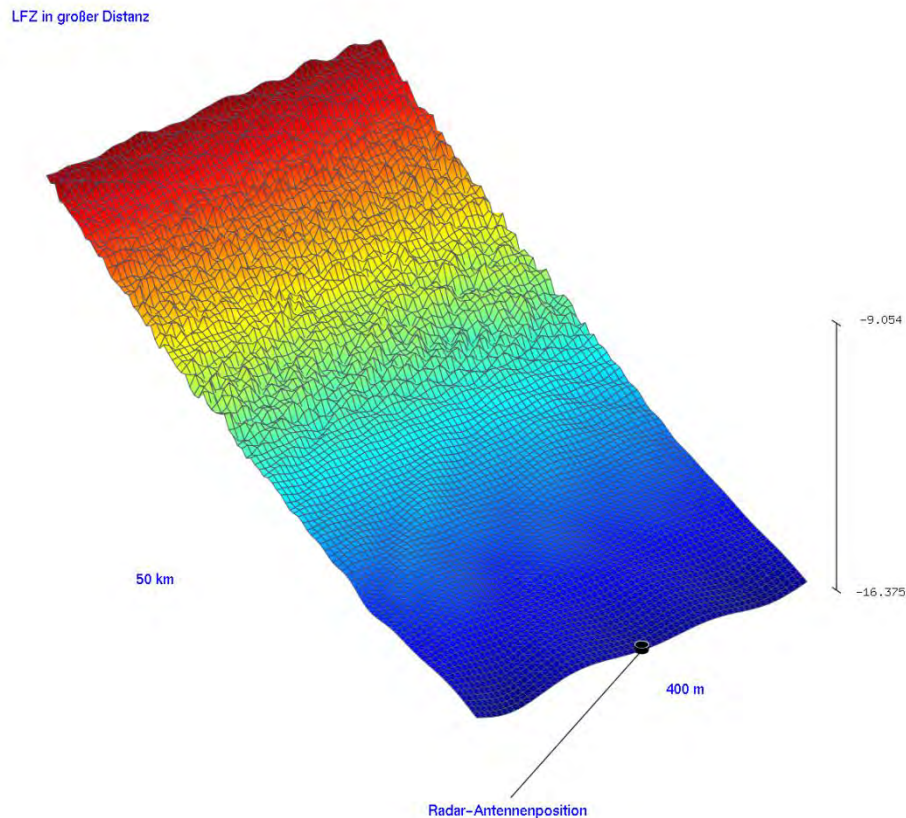


Abbildung 12: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen als Zehnfach-Anordnung im Einflussbereich der Radaranlage Brockzetel mit Berücksichtigung der Topografie

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 12 mit $-16,375$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß der genannten Kriterien eine Reichweite von

98,31 %.

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

3.6.2 Bewertung der Darstellung der normierten Feldstärkenverteilungen

Abbildung 10 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 $0,2^\circ$ 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. 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 11 bis Abbildung 12 zeigen, dass bei einer Distanz zwischen WEA und Radarstandort von ca. 35 km nur Verschattungserscheinungen vorliegen, die am Ort der Radarantenne einer Reichweitenminderung von 100 % (ideal) auf minimal 98,31 % entsprechen und somit messtechnisch durch Flugvermessungen und Random-Traffic Aufzeichnungen nicht nachweisbar sind. 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.

3.6.3 Beurteilung

Für die Untersuchung der geplanten WEA des Anlagentyps Enercon E-82 E2 mit ca. 108 m Nabenhöhe liegen gemäß den Untersuchungsergebnissen bei Berücksichtigung der Geländetopografie in keinem der untersuchten Fälle Verschattungen und Reichweitenminderungen vor, die das Kriterium von 96,2 % verletzen.

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 Streufeldes 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 jeweiligen Entfernungen, die Elevation und Azimutwinkelbezüge zum Radar Brockzetel sind der Tabelle 4 zu entnehmen. Die Koordinaten aller in diesem Gutachten relevanten Windenergieanlagen sind im Anhang auf Seite 73 aufgelistet.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
Wapeldorf 01	Enercon E-82 E2	53° 20' 6,30"	8° 8' 40,79"	108,38	0,0404	35074,79	114,5366
Wapeldorf 02	Enercon E-82 E2	53° 20' 3,90"	8° 8' 53,59"	108,38	0,0389	35321	114,4837
Wapeldorf 03	Enercon E-82 E2	53° 19' 43,43"	8° 9' 9,24"	108,38	0,0365	35852,8	115,2066
Wapeldorf 04	Enercon E-82 E2	53° 19' 35,76"	8° 9' 3,56"	108,38	0,0363	35861,39	115,6212
Wapeldorf 05	Enercon E-82 E2	53° 19' 28,27"	8° 9' 7,11"	108,38	0,0356	36022,39	115,906

Tabelle 4: Koordinatenübersicht über die Planungsanlagen des Windparks

Abbildung 13 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 11 bis Abbildung 12 untersuchten Anordnungen ist farbig hinterlegt.

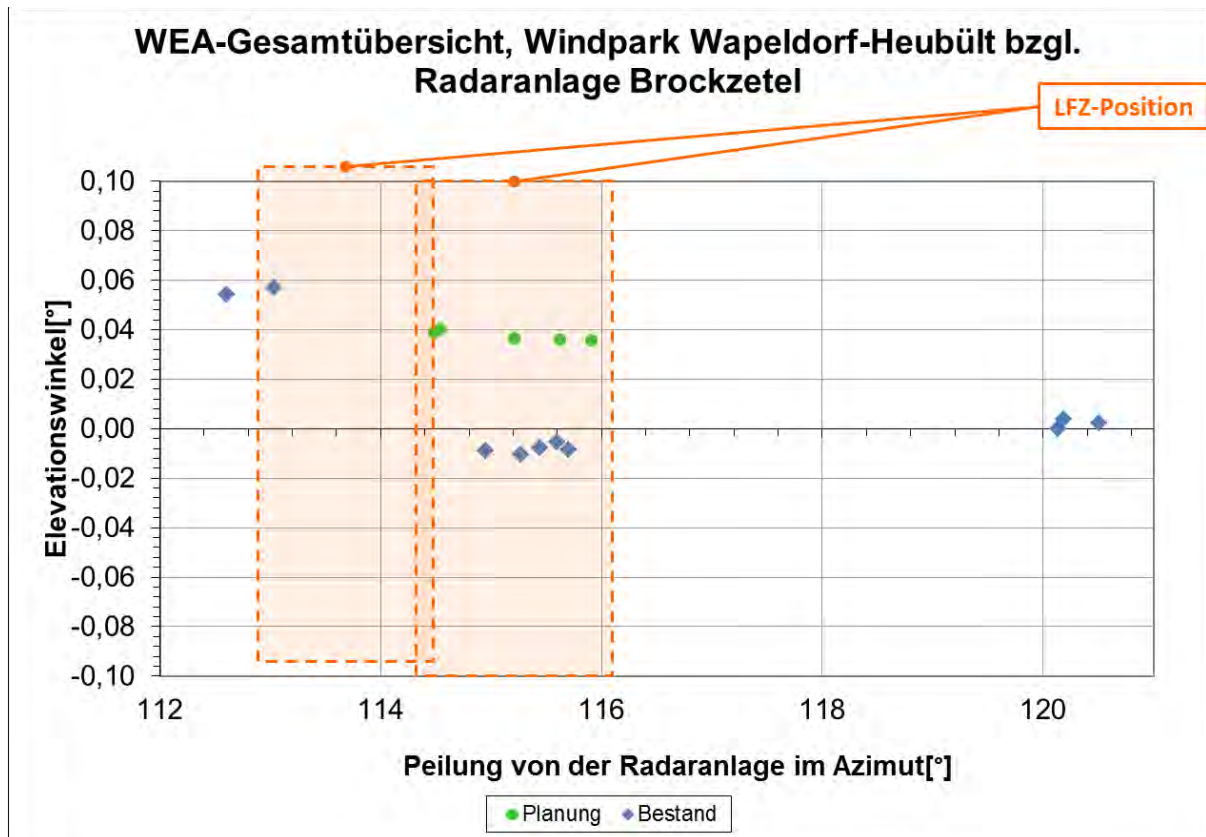


Abbildung 13: Perspektive zur Gondelanordnung gemäß Azimut und Elevation für die Position des Radars Brockzetel. Der Bereich der analysierten Anordnungen ist orange gekennzeichnet.

Bei den analysierten Teilanordnungen wird grundsätzlich neben anderen Parametern der Radaranlage stets 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. Reichweiten-

minderungen auftreten. Verschiebt sich die LFZ-Azimutposition aus diesem Bereich 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 ausgewählten WEA-Teilanzordnungen ist somit nicht zwingend identisch mit der Azimutauflösung des Radargerätes.

Die nachstehende Abbildung 14 zeigt eine Zusammenstellung der Ergebnisse zu den ermittelten Reichweitenminderungen mit Berücksichtigung der Topografie.

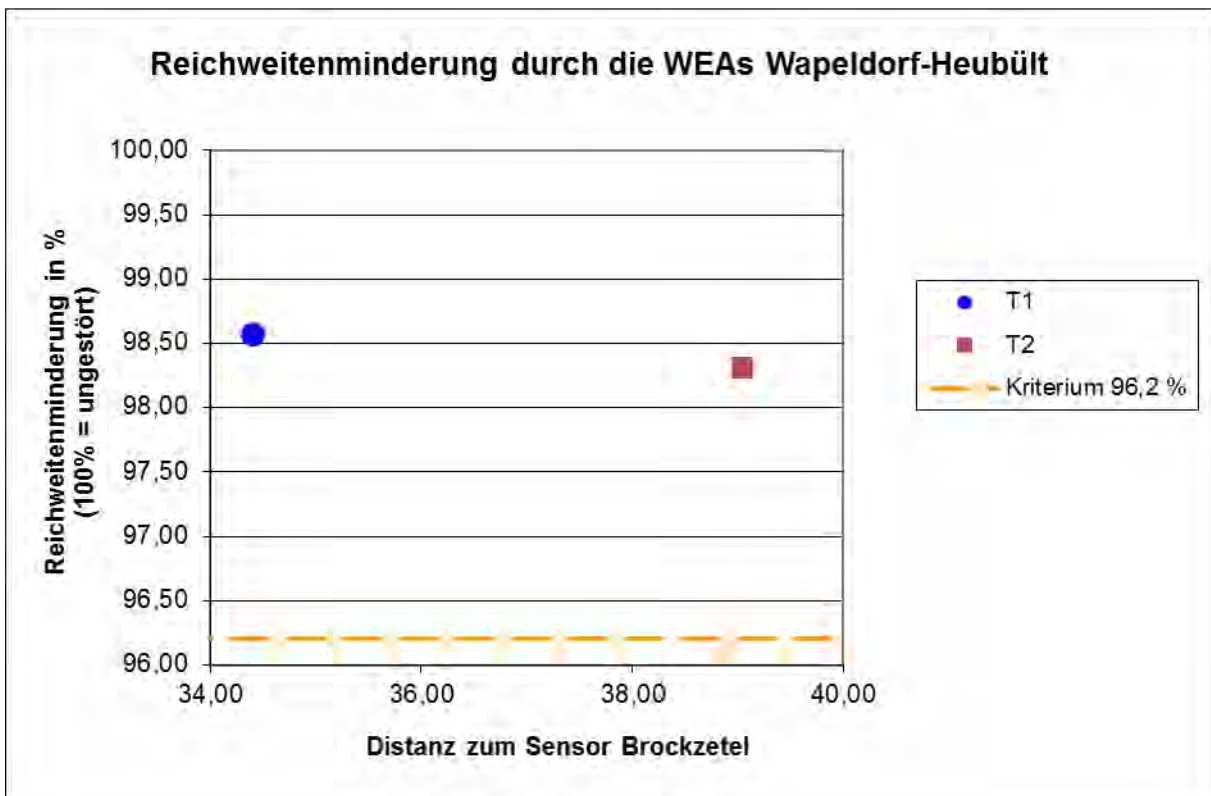


Abbildung 14: Übersicht über die zu erwartende Reichweitenreduktion bei den angegebenen WEA-Konstellationen mit Berücksichtigung der Topografie

4 Aufgabenbeschreibung FS-Radar Wittmund

Beschreibung der grundsätzlichen Problematik:

Beim Überflug über Windparks oder über mehrere Windenergieanlagen zeigen sich selbst bei modernen 2D-Radaranlagen, wie dem ASR-S Schwächungen der Primärzieldarstellung bei der Überwachung von LFZ-Bewegungen oder LFZ-Zielverluste für alle Flughöhen im direkten Umgebungsgebiet um WEAs. Es muss jedoch auch festgestellt werden, dass abhängig von der Verweildauer eines LFZs im entsprechend belasteten Luftraumgebiet oberhalb einzelner WEAs oder kleinerer isoliert stehender Windparks, diese nicht zwangsläufig als Ursache entsprechender Störungen wirksam werden. Abhängig von der zeitlichen Charakteristik der radarwirksamen Reflexionen, der Form und Materialität der Rotorblätter, kann eine deutlich geringere Störwirkung vorliegen.

Dagegen kann durch eine geringe Anzahl zusätzlicher WEAs eine räumliche Verknüpfung bisher „isolierter“ WEA-Gruppierungen geschaffen werden. In diesem Fall wird ein durch Störungen belastetes ausgedehntes Gebiet geschaffen, das vorher nicht wirksam war.

Ursache für mögliche Flugzielverluste ist die intensive Oberflächenreflexion sowie der dynamische RQS-Anteil von sehr großen Bauwerken mit bewegten Komponenten wie z. B. den Rotorblättern von Windkraftanlagen. Die bewegten Komponenten können aufgrund des dynamischen RQS und dessen Dopplercharakters nicht durch Verfahren wie Festzielunterdrückung in einem fest definierten Umgebungsbereich herausgefiltert werden. Dadurch wird eine Flugzielverfolgung / „Trackbildung“ in einem Umgebungsbereich oberhalb des Hindernisses stark eingeschränkt oder sogar fehlerhaft, da der RQS einer WEA den RQS eines LFZ deutlich übertrifft.

Bei LFZs wird daher die Trackbildung bzw. die Primärzieldarstellung deutlich beeinträchtigt, wenn die „Verweildauer“ dieses LFZs im durch die o. g. Reflexionsstörungen betroffenen Gebiet einen ausreichenden Zeitraum, z. B. zwei Antennenumdrehungszeiten, überschreitet. Die Bewertung von WEAs erfolgt unter der Maßgabe, dass die zu betrachtenden Störzellen in einem definierten Polar Flächenraster (DCM-Zellen) vorliegen, welcher auf den Radarstandort ausgerichtet ist.

Die Wirkungsintensität dieser DCM-Zelle wird bestimmt durch die Reflexionsintensität und die bzgl. des Radarstandorts radialen Geschwindigkeitskomponenten des Rotorblattes. Da kleinere WEAs größere Rotorgeschwindigkeiten zeigen, stellt sich die Problematik für unterschiedlich große WEAs sehr ähnlich dar.

Zudem sind die Anzahl und die Anordnung der WEAs innerhalb sowie außerhalb der betrachteten DCM-Zellen maßgeblich.

Eine herabgesetzte Reflektivität oder eine herabgesetzte radiale Geschwindigkeitskomponente der Rotoren der zu berücksichtigenden WEAs mindert zwangsläufig die Wirkungsintensität bzw. Relevanz einer Störzelle.

In diesem Zusammenhang ist die RQS-Bewertung eines WEA-Typs von besonderer Bedeutung, da bei einer WEA bauartbedingt nicht zwangsläufig eine 100%-ige Störwirkung angenommen werden kann.

Die DCM-Zelle mit $1,8^\circ$ Breite und einer ca. 300 m großen radialen Ausdehnung (bei Entfernungen von weniger als 12,3 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen ca. $300\text{ m} \times 3,6^\circ$) im Bereich des Windparks beim ASR-S, ist in allen Flughöhen wirksam. Eine Filterung auf der Grundlage der charakteristischen Störeinflüsse der Windenergieanlagen unter Berücksichtigung des dynamischen Radarquerschnittes ist bisher mit 2D-Radaranlagen nicht möglich.

Im Hinblick auf moderne künftige Flugsicherungsradaranlagen kann eine Verbesserung der Primärzieldarstellung durch Verfahren wie

- verbesserte Tracker-Routinen,
- verbesserte räumliche Auflösung, sowie
- „adaptives Beamforming“

erwartet werden.

Aufgrund fehlender messtechnischer Nachweise unter betrieblichen Bedingungen wird bei der vorliegenden Windparkbewertung auf diese künftigen Möglichkeiten nicht zurückgegriffen.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass im Falle radarreflexionsarmer Rotorblätter bei WEAs die Voraussetzungen für eine gute Wirksamkeit WEA-optimierter „Tracker-Routinen“ gegeben wird, da die Intensitätsunterschiede zwischen dem dynamischen RQS eines WEA-Rotors und einem LFZ in gleicher Distanz und Richtung ausreichend herabgesetzt sind.

5 Untersuchungsverfahren FS-Radar Wittmund

Für die vorliegende Untersuchung der WEA-Anordnung im Gebiet DEWI-Testfeld wird ein Bewertungsverfahren zugrunde gelegt, das sich auf die Auswertung von Beobachtungen des ASR-S auf der Grundlage heute bekannter Parameter stützt.

Bewertungsprozedur:

1. Um jede WEA wird als ein möglicher Ort für Reflexionen ein Ortskreis mit der Größe des Rotordurchmessers angelegt.
2. Das Umgebungsgebiet um einen Radarstandort wird ab einer Entfernung zwischen 12,3 km und 70 km zum Radargerät in einem polaren Koordinatensystem durch DCM-Zellen mit jeweils 299,7 m radialer Ausdehnung, sowie mit einer Azimutausdehnung von $1,8^\circ$ – bezogen auf den Radarstandort – gegliedert. Bei Entfernungen von weniger als 12,3 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen $299,7 \text{ m} \times 3,6^\circ$.
3. Jede DCM-Zelle in dem sich der Ortskreis einer Windkraftanlage befindet, sowie die beiden benachbarten Zellen im Azimut werden markiert. Die Festlegung, ob eine derart markierte DCM-Zelle als Störzelle interpretiert wird, setzt eine ausreichende Reflexionsintensität, d. h. „Radarquerschnitt“ der WEAs voraus, vgl. hierzu Kapitel 6.
4. Für jede markierte DCM-Zelle wird die Wahrscheinlichkeit der Darstellung eines LFZ mit einem Radarrückstreuquerschnitt von 1 m^2 und 3 m^2 ermittelt und anschließend in einer Grafik farbig kodiert.
5. Es werden vier verschiedene Überflugpfade über das Gebiet mit farbig kodierten DCM-Zellen gelegt. Dabei werden bezogen auf das Radargerät ein Überflug Radial, einer Tangential und zwei unterschiedliche Diagonalüberflüge betrachtet. Die einzelnen Überflugpfade werden derart gewählt, dass jeweils die größte Lateraldimension der Störzellen der geplanten WEA abgedeckt wird.

Diese Überflugpfade stellen damit ein sogenanntes „Worst-Case“-Szenario dar. Als Referenzgeschwindigkeit eines LFZ wird 180 km/h gewählt. Damit sind die typischen Reisefluggeschwindigkeiten auch kleiner LFZ berücksichtigt.

6. Für jeden Überflugpfad wird die Zielverlustwahrscheinlichkeit an diskreten Punkten berechnet. Die für die Bewertung angenommene LFZ-Überfluggeschwindigkeit beträgt hierbei 180 km/h (50 m/s). Eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von 50 % sollte hierbei nicht überschritten werden.
7. Zulässig sind Erfassungsverluste bei maximal zwei direkt aufeinander folgenden Antennenorientierungen in Richtung WEA oder Windpark.
8. Die räumliche Separation zu einer benachbarten WEA-Gruppierung muss einen Abstand zeigen, der über mindestens drei Antennenumdrehungen eine störfreie neue Detektion des LFZ gewährleistet.

Bei Windenergieanlagen mit sehr großen Rotordurchmessern von über 100 m und geringerer Rotordrehzahl wurde festgestellt, dass eine durchgehende Störung trotz eines sehr großen Radarquerschnittwertes infolge langsamer Drehgeschwindigkeiten des Rotors bei bestimmten Windrichtungen nicht gegeben ist. Die Störwirkung ist in dem Fall herabgesetzt.

Wird die vertikale Orientierung eines Rotorblattes ausgeschlossen, liegt in dem Fall ein offenbar ausreichend reduzierter dynamischer Radarquerschnitt bzw. Radarreflexionsintensität vor. Dadurch ist der zulässige Grenzwert für die Reflexionsintensität festgelegt. Eine WEA, deren dynamischer Radarquerschnitt diesen Grenzwert nicht überschreitet, generiert keinen zusätzlichen Störeinfluss.

6 Radarquerschnittanalyse

Der dynamische Radarquerschnitt zeigt abhängig von der Orientierung der Rotorblätter während der Umdrehung sehr unterschiedliche Werte, die bei vertikaler Orientierung eines Rotorblattes oder einer Rotorblattkante stets einen maximalen Reflexionswert für die z. B. bei vertikaler Polarisierung arbeitende Radarantenne zeigen.

Der RQS bzw. Rückstrahlfläche eines Objektes ist eine objektspezifische Größe, die für die Entdeckungswahrscheinlichkeit eines Objektes durch ein Radargerät ein wesentlicher Parameter ist. Sie ist abhängig von der Kubatur und der Wellenlänge bzw. vom Verhältnis der Strukturabmessungen des Körpers zur Wellenlänge. Quantitativ gibt der Radarquerschnitt eine effektive Fläche an, die die einlaufende Welle einfängt und isotrop in den Raum abstrahlt.

Der Radarquerschnitt σ ist definiert als

$$\sigma = 4\pi R^2 \frac{P_s}{P_i}$$

Dabei ist P_i die Leistungsdichte auf dem Radarziel und P_s die gestreute Leistungsdichte in einem Abstand R vom Radarziel.

Für eine WEA erfolgt die Berechnung des RQS auf der Grundlage einer computer-gestützten 3D-CAD Nachbildung gemäß beigestellter Konstruktionsunterlagen des Herstellers. Der RQS ist nur gültig für die Untersuchungsfrequenz sowie die angegebene nachgebildete Objektkubatur bzw. Oberflächenformgebung und Dimension unter Berücksichtigung der Materialien und Bauweisen sowie ggf. Mehrfachreflexionen zwischen Oberflächensegmenten.

Zur Gegenüberstellung mit einer WEA sind zur Orientierung typische RQS-Werte von Objekten nachstehend angegeben:

Vogel $\approx 0,01 \text{ m}^2$

Mensch $\approx 1 \text{ m}^2$

Einmotoriges Sportflugzeug ... leichtes Jagdflugzeug $< 3 \text{ m}^2$

schweres Kampfflugzeug $< 5 \text{ m}^2$

Verkehrsflugzeug $\approx 40 \text{ m}^2$

Jumbojet / A 380 $\approx 100 \text{ m}^2$

Für ein großes Kampfflugzeug kann in dem Zusammenhang ein RQS von 5 bis 6 m^2 angegeben werden. Ein Transportflugzeug zeigt einen RQS in der Größenordnung von ca. 100 m^2 , ein kleines Passagierflugzeug zeigt einen RQS von ca. 10 m^2 , ein Mensch/Ultraleichtflugggerät zeigt einen RQS in der Größenordnung von ca. 1 m^2 .

6.1 Ermittlung des RQS der WEA

Die Ermittlung des RQS berücksichtigt die nachstehenden technischen Aspekte:

1. Die Objektstruktur einer WEA wird von der elektromagnetischen Welle nicht kohärent (phasengleich) erreicht. Grundsätzlich liegen gekrümmte Wellenfronten vor. Eine phasengleiche Erfassung eines Abschnittes eines Rotorblattes zum Beispiel liegt vor, wenn die Distanzunterschiede kleiner sind als $1/8$ der Wellenlänge.

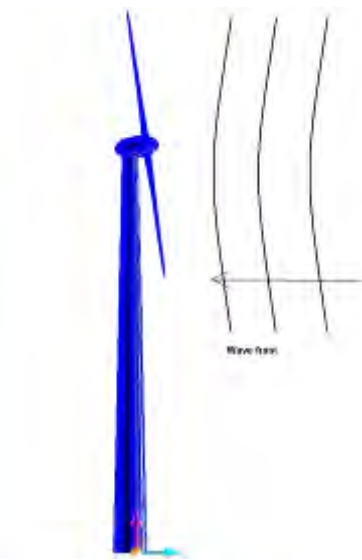


Abbildung 15: Schemabild zur Wellenfront.

2. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Radareinstrahlung auf die Windenergieanlage durch die Hauptkeule / Hauptrichtung innerhalb der Hauptkeule nicht mit gleicher Intensität erfolgt. Die Breite der Hauptkeule (Half power beam) wird für ca. 2,7 GHz-Systeme mit ca. 3° Breite angenommen. So liegt bei ca. 13 km Distanz eine Fläche von ca. 680 m Durchmesser im Raum vor.

Die Ermittlung des $RQS_{dyn.}$ der Rotoren für die geplanten Windenergieanlagen wurde nachstehend für eine Frequenz von ca. 2,7 GHz ermittelt. Der RQS über ϕ/deg wird für eine vollständige Rotordrehung stets zwischen 0° und 360° bei einem Elevationswinkel von 0° bzgl. der Radarantenne und Rotornabe dargestellt. Der Winkel zwischen Rotorachse und dem Richtungsvektor zur Radaranlage ist bei den nachfol-

genden Ergebnissen mit 280° angenommen, da dieser Fall die Situation für die Berücksichtigung der Hauptwindrichtung im Windpark darstellt.

Die Abbildung 16 und Abbildung 17 geben beispielhaft einen WEA-Rotor aus zwei verschiedenen Perspektiven an.

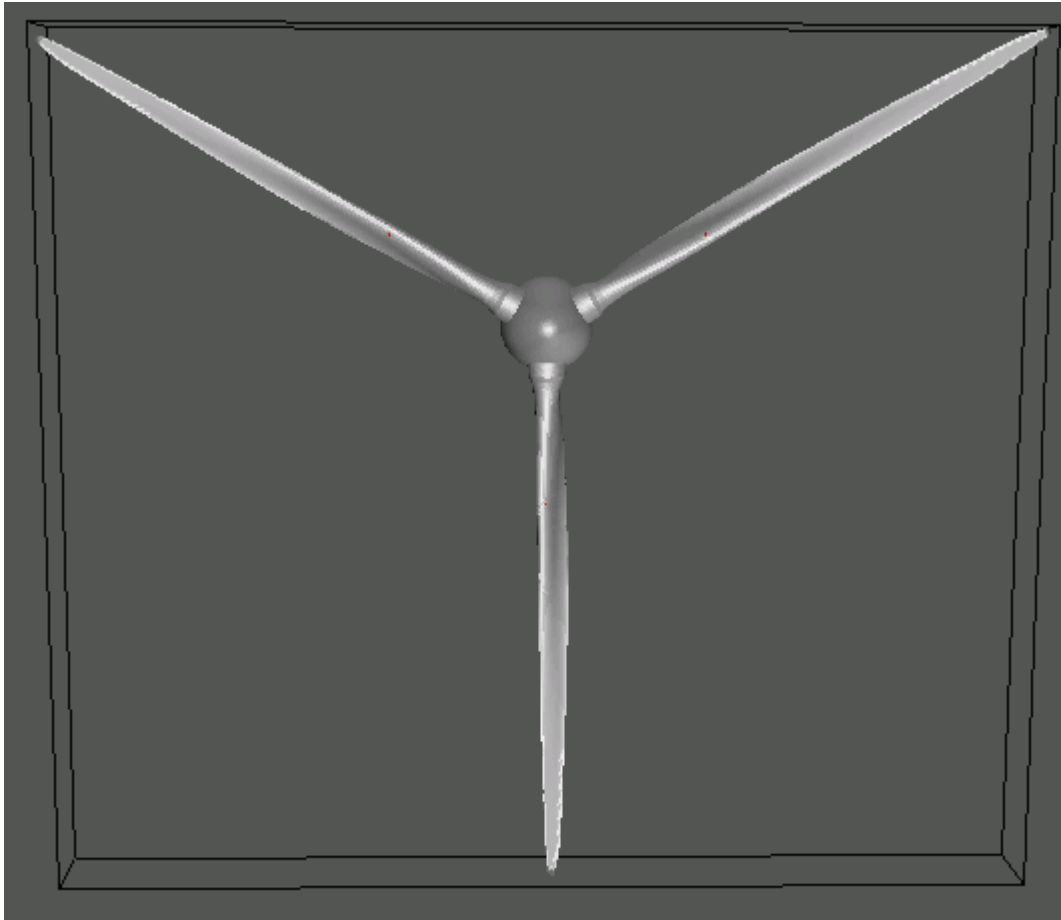


Abbildung 16: Rotoransicht bei 0° Winkel zwischen Rotorachse und Bezugsrichtung zum Radar

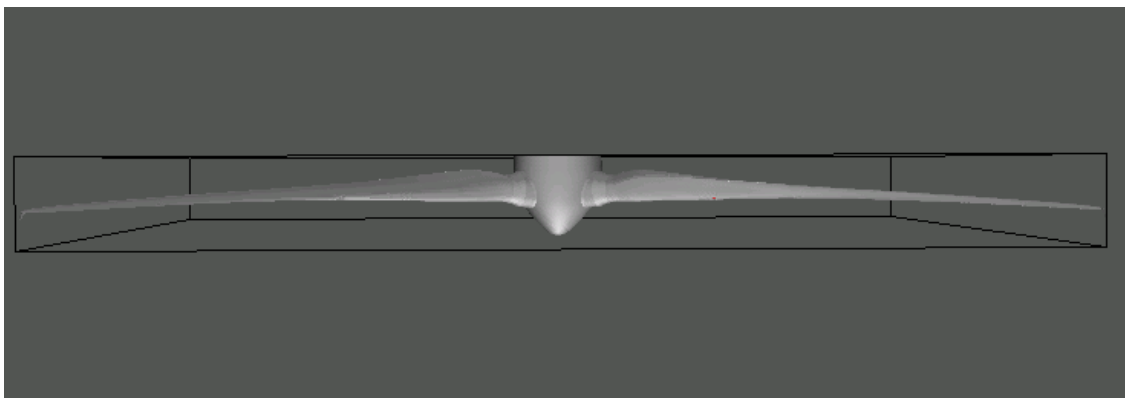


Abbildung 17: Rotoransicht bei 90° Winkel zwischen Rotorachse und Bezugsrichtung zum Radar

Dabei wird die Oberfläche der Objektstruktur durch eine ausreichend große Anzahl ebener Dreieckflächenelemente nachgebildet – „trianguliert“. Zur Vermeidung unphysikalischer singulärer Einzelwerte, die bei jeweils rot angegebenen RQS-Rohdaten vorliegen, wird zur Bewertung ein Winkelintervall über 2° festgelegt. Die Mittelwerte aus diesem Bereich sind durch die blaue Linie gekennzeichnet und werden nachfolgend zur Beurteilung herangezogen.

Die berücksichtigten Dimensionen für die geplanten Anlagen Enercon E-82 E2 sind:

- Rotordurchmesser: max. ca. 82 m
- Säulenquerschnitt oben: ca. 2,4 m
- Gondeldimension: ca. 5,53 x 11,57 m
- Betriebsrotordrehzahl: 6,0-18,5 U/min

Unter Berücksichtigung der Antennenumdrehungszeit des Radarsystems ASR-S ist die Möglichkeit einer Detektion der WEA mit einer zeitlichen Rate von ca. 5 Sekunden gegeben. Zugleich muss für die Reflexionsintensität der WEA eine ausreichende Intensität vorliegen. Diese unterliegt unter Berücksichtigung der Rotordrehzahl ebenfalls einer zeitlichen Änderung.

Enercon E-82 E2:

Monostatischer RQS von WEA E82
 $f = 2.7$ GHz; $\theta = 90.0$ Grad; $\phi = 280.0$ Grad; Polarisation VV;
Medianwert ueber ein Winkelintervall von 2 Grad

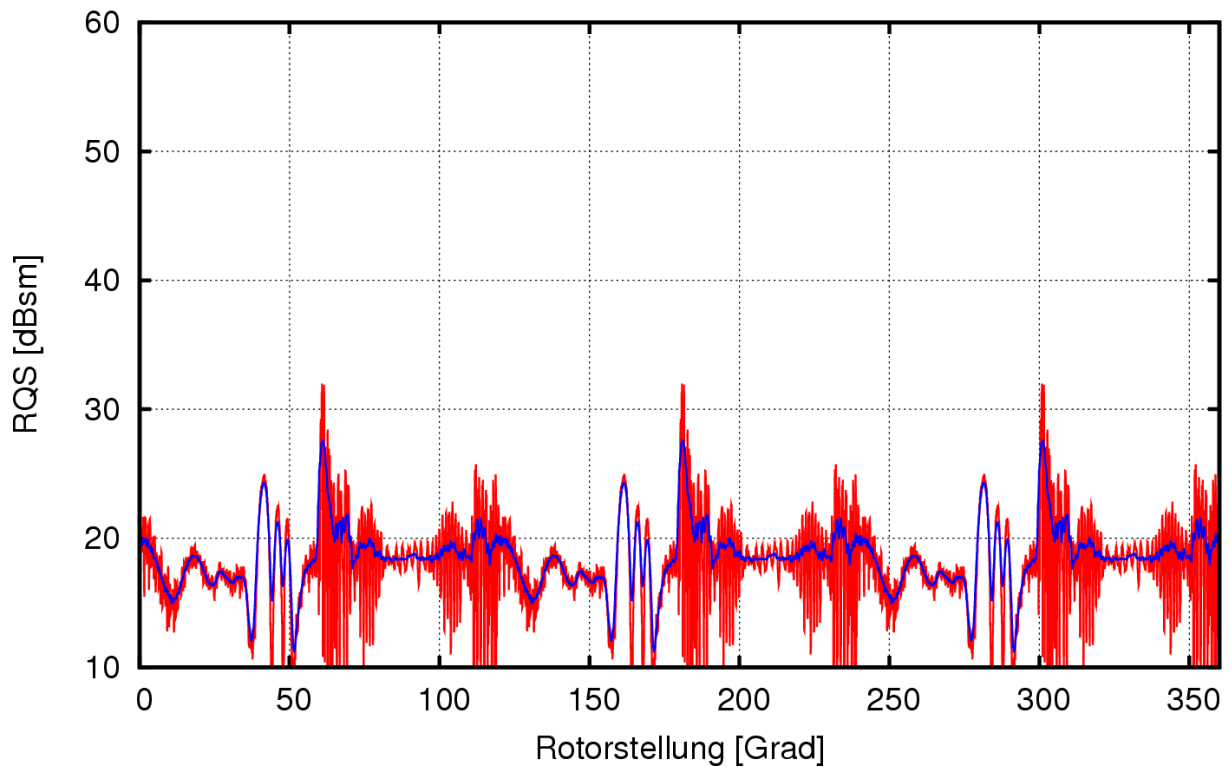


Abbildung 18: $RQS_{dyn.}$ über eine Rotordrehung für den geplanten Typ Enercon E-82 E2

7 Bewertung des Gesamteinflusses der WEA-Gruppe bzgl. „Störzellen“

Ein Radargerät vom Typ ASR-S besitzt zur Unterdrückung von stationären Zielen „mit Dopplerverschiebung“ eine sogenannte Doppler-Clutter-Map (DCM-Map). Jede dieser DCM-Zellen hat in einer Entfernung zwischen 12,3 km und 70 km zum Radargerät eine Ausdehnung von ca. 300 m im Radial und 1,8° im Azimut – bezogen auf den Radarstandort. Bei Entfernungen von weniger als 12,3 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen ca. 300 m x 3,6°. Zur Ermittlung der Luftraumgebiete (DCM-Zellen), in denen ein möglicher Zielverlust nicht ausgeschlossen werden kann, wird nicht nur der Standort der WEA-Säule selbst betrachtet, sondern es wird zusätzlich um jeden WEA-Standort ein „Ortskreis“ mit der Größe des Rotordurchmessers eingetragen. Hierdurch werden alle potentiellen Reflexionsorte vom Rotor berücksichtigt.

Nachfolgend wird für jede betroffene DCM-Zelle, sowie die seitlich jeweils angrenzenden Zellen, die Darstellungswahrscheinlichkeit für bestimmte Radarrückstreuquerschnitte des Ziels berechnet. Die Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ mit einem RQS von 1 m² bzw. 3 m² für jede betroffene DCM-Zelle ist im Kapitel 7.2 dargestellt.

Über diese betroffenen DCM-Zellen werden verschiedene Flugpfade gelegt. Die gewählten Flugpfade stellen jeweils die ungünstigsten Überflugpfade für die jeweilige Überflugrichtung dar, die bezogen auf die Störzellenanordnung möglich ist. Es sei darauf hingewiesen, dass abhängig vom Flugpfad im Detail deutlich unkritischere Überflugszenarien vorliegen. In der Regel hat eine Abweichung vom hier angenommenen Worst-Case-Überflugpfad eine oft sogar deutlich günstigere Situation zur Folge, bezogen auf die resultierende Störwahrscheinlichkeit. Oft sind Abweichungen von nur 50 m bis 100 m ausreichend, um die Problematik entscheidend zu entschärfen. Dies gilt in umso höherem Maße bei separiert gelegenen Störzellen und umso weniger, je verdichteter das Störzelligebiet beschaffen ist.

Die Überflugpfade kennzeichnen infolge der festgelegten Überfluggeschwindigkeit von 50 m/s durch blaue Punkte die Detektionsereignisse, die infolge der zeitlichen Abtastung durch die drehende Radarantenne möglich sind. Der Abstand der Detektionspunkte kann beim ASR-S mit 250 m angegeben werden.

Eine vergleichbare Überflugbetrachtung für eine deutlich höhere Überfluggeschwindigkeit von z. B. 100 m/s \approx 360 km/h kann bei ausschließlicher Betrachtung des jeweils zweiten blauen Punktes erfolgen.

Für die vorliegende WEA-Anordnung werden vier verschiedene Überflugpfade jeweils in unterschiedlichen Richtungen analysiert. Die einzelnen durch WEAs belasteten Störzellen bilden eine gemeinsame Störzone. Einschwenkvorgänge wurden ebenfalls untersucht, führen im vorliegenden Fall jedoch nicht zu abweichenden Ergebnissen, da die gewählten Überflugpfade die ungünstigsten Situationen wiedergeben.

Die Bewertung der einzelnen Überflugszenarien entlang der gekennzeichneten Flugpfade orientiert sich an den blau gekennzeichneten Detektionsorten. An diesen Orten wird für die Überflugbewertung die LFZ-Position angenommen, an der ein LFZ durch die Radarortungsanlage erfasst und ggf. zeit- und ortsgleich mit der nächstgelegenen Windenergieanlage detektiert wird. Diese zeit- und ortsgleiche Detektion kann zu einem LFZ-Zielverlust mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit führen, die sehr stark durch die Störintensität der Windenergieanlagen bestimmt wird.

Der Flugpfad eines LFZ unterliegt beim Überflug in das Luftraumgebiet oberhalb der Windenergieanlagen gemäß den Forderungen und Festlegungen der Flugsicherung ab der dritten durch eine WEA gestörten Detektion einer unbestimmten Verlustwahrscheinlichkeit bzgl. der LFZ-Zielerkennung.

Weiter kann auf dieser Grundlage eine Aussage getroffen werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit grundsätzlich von einem Zielverlust sowie einem Trackverlust während eines Überfluges ausgegangen werden kann. Nach einem Trackverlust sind in direkter Folge drei ungestörte Detektionseignisse notwendig, um eine neue LFZ-Trackgenerierung zu ermöglichen.

Abhängig von der Störintensität und der Länge des Flugpfades oberhalb eines Windenergieanlagengebietes ist weiter eine Aussage möglich, mit welcher Wahrscheinlichkeit Zielverluste unterschiedlicher Länge – zeitlich und räumlich – zu erwarten sind. Insbesondere bei der Planung von zusätzlichen Windenergieanlagen im räumlichen Zusammenhang mit bestehenden Anlagen oder bei Repowering-Vorhaben kommt diesem Aspekt eine besondere Bedeutung zu, um die Änderung und die Auswirkung für die Flugsicherung zu beurteilen:

- Der Zeitabschnitt eines LFZ-Zielverlustes ist somit nicht zwangsläufig identisch mit dem Zeitraum, den ein LFZ für den Überflug über ein Störzallengebiet benötigt.
- Auch sind die notwendigen Separationsabstände zwischen benachbarten WEA-Gebieten ebenfalls nicht identisch mit drei Detektionsabständen.

Beide Sachverhalte werden durch die Störintensität der einzelnen WEA und deren räumlicher Anordnung bestimmt, die räumliche Lücken bei den Störzellen bewirken können.

Diese Ergebnisse sind nachstehend für jedes Überflugszenario angegeben.

7.1 Bewertung bzgl. der Radaranlage vom Typ ASR-S

Zur Darstellung der geplanten Situation nach Errichtung aller Windenergieanlagen wird für jede WEA als ein möglicher Ort für Reflexionen ein Ortskreis mit der Größe des Rotordurchmessers angelegt und in Form eines Kreises um den Mittelpunkt des WEA-Fußpunktes dargestellt.

Das Umgebungsgebiet um einen Radarstandort wird ab einer Entfernung zwischen 12,3 km und 70 km zum Radargerät in einem polaren Koordinatensystem durch DCM-Zellen mit jeweils ca. 300 m radialer Ausdehnung, sowie mit einer Azimutausdehnung von $1,8^\circ$ – bezogen auf den Radarstandort – gegliedert. Bei Entfernungen von weniger als 12,3 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen ca. $300\text{ m} \times 3,6^\circ$.

Jede DCM-Zelle in dem sich der Ortskreis einer Windkraftanlage befindetet, sowie die beiden benachbarten Zellen im Azimut werden markiert. Die Festlegung, ob eine derart markierte DCM-Zelle als Störzelle interpretiert wird, setzt eine ausreichende Reflexionsintensität, d. h. „Radarquerschnitt“ der WEAs voraus.



Abbildung 19: Übersicht über die Gesamtanordnung der geplanten WEA (grün) sowie der Bestandsanlagen (rot). Die betroffenen DCM-Zellen bezüglich des Radars Wittmund sind rot gekennzeichnet. Die Ortskreise um jede WEA sind in der jeweiligen Farbe visualisiert.

7.2 Geplante Situation

Die Abbildung 20 und die Abbildung 21 zeigen die geplante Situation. Die farbige Kodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ mit einem Radarrückstreuquerschnitt von 1 m^2 ist in Abbildung 20 dargestellt. Die Abbildung 21 zeigt die Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ mit einem Radarrückstreuquerschnitt von 3 m^2 .

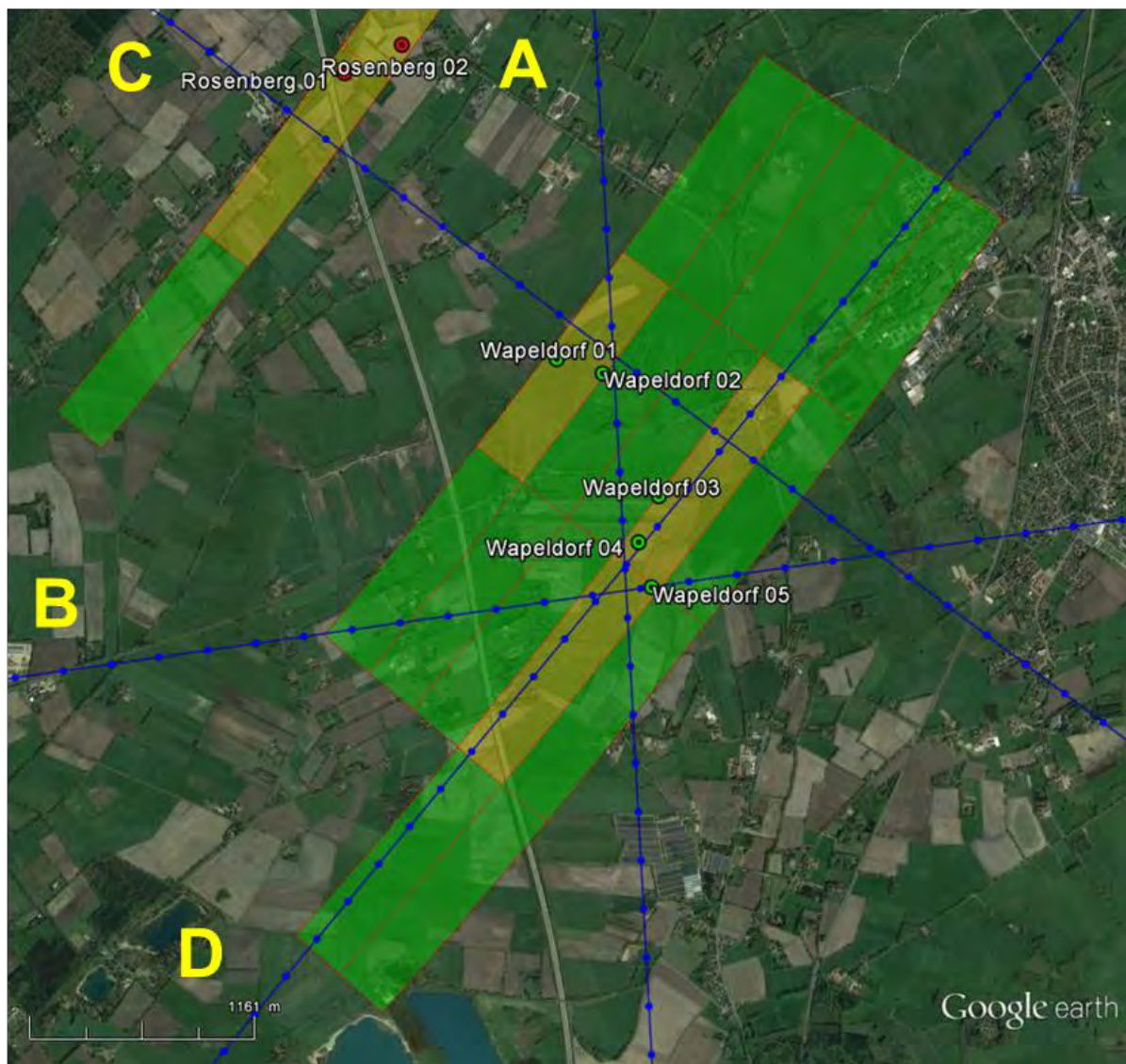


Abbildung 20: Übersicht über die geplante Situation. Farblich kodiert sind die DCM-Zellen nach der Wahrscheinlichkeit der Darstellung eines **LFZ mit einem RQS von 1 m^2** . Zusätzlich sind die „Worst-Case“-Überflugpfade durch blaue Linien dargestellt. Die Ermittlung der Zielverlustwahrscheinlichkeit erfolgt an den blauen Punkten.

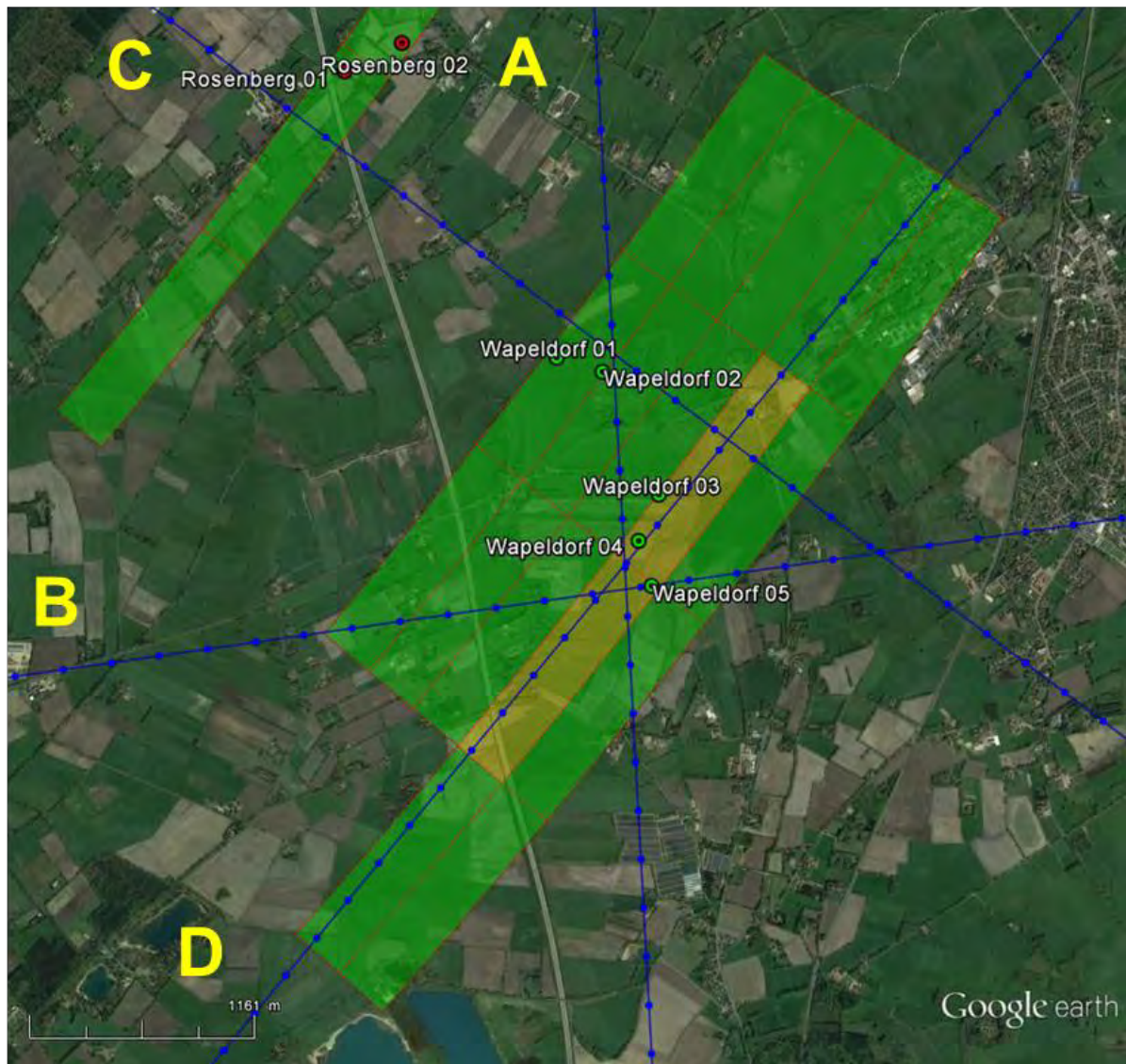


Abbildung 21: Übersicht über die geplante Situation. Farblich kodiert sind die DCM-Zellen nach der Wahrscheinlichkeit der Darstellung eines **LFZ mit einem RQS von 3 m²**. Zusätzlich sind die „Worst-Case“-Überflugpfade durch blaue Linien dargestellt. Die Ermittlung der Zielverlustwahrscheinlichkeit erfolgt an den blauen Punkten.

Die Farbkodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ geschieht nach folgender Systematik:

- 0 % - 19 % = rot
- 20 % - 49 % = orange
- 50 % - 89 % = gelb
- 90 % - 100 % = grün

Die gewählten Überflugpfade (blaue Linien) über den geplanten Windpark stellen ein sogenanntes „Worst-Case“-Szenario dar. Dabei wird die Zielverlustwahrscheinlichkeit eines LFZ an den mit blauen Punkten gekennzeichneten Orten ermittelt.

Die Pfade sind hierbei:

- A = Diagonal A
- B = Diagonal B
- C = Radial
- D = Tangential

Die Überfluggeschwindigkeit des LFZ wird mit 50 m/s angenommen.

Flugpfad A: Diagonal A von Nord nach Süd oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad A sind 10 Detektionen, entsprechend einer Flugpfadlänge von 2.500 m, belastet. Für ein LFZ mit einem RQS von 1 m² sowie 3 m² liegt bei keiner Detektionen eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von über 50 % vor.

Flugpfad B: Diagonal B von West nach Ost oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad B sind 9 Detektionen, entsprechend einer Flugpfadlänge von 2.250 m, belastet. Für ein LFZ mit einem RQS von 1 m² sowie 3 m² liegt bei keiner Detektionen eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von über 50 % vor.

Flugpfad C: Radial von Nordwest nach Südost oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad C sind 6 Detektionen, entsprechend einer Flugpfadlänge von 1.500 m, belastet. Für ein LFZ mit einem RQS von 1 m² sowie 3 m² liegt bei keiner Detektionen eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von über 50 % vor.

Flugpfad D: Tangential von Südwest nach Nordost oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad D sind 20 Detektionen, entsprechend einer Flugpfadlänge von 5.250 m, belastet. Für ein LFZ mit einem RQS von 1 m² sowie 3 m² liegt bei keiner Detektionen eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von über 50 % vor.

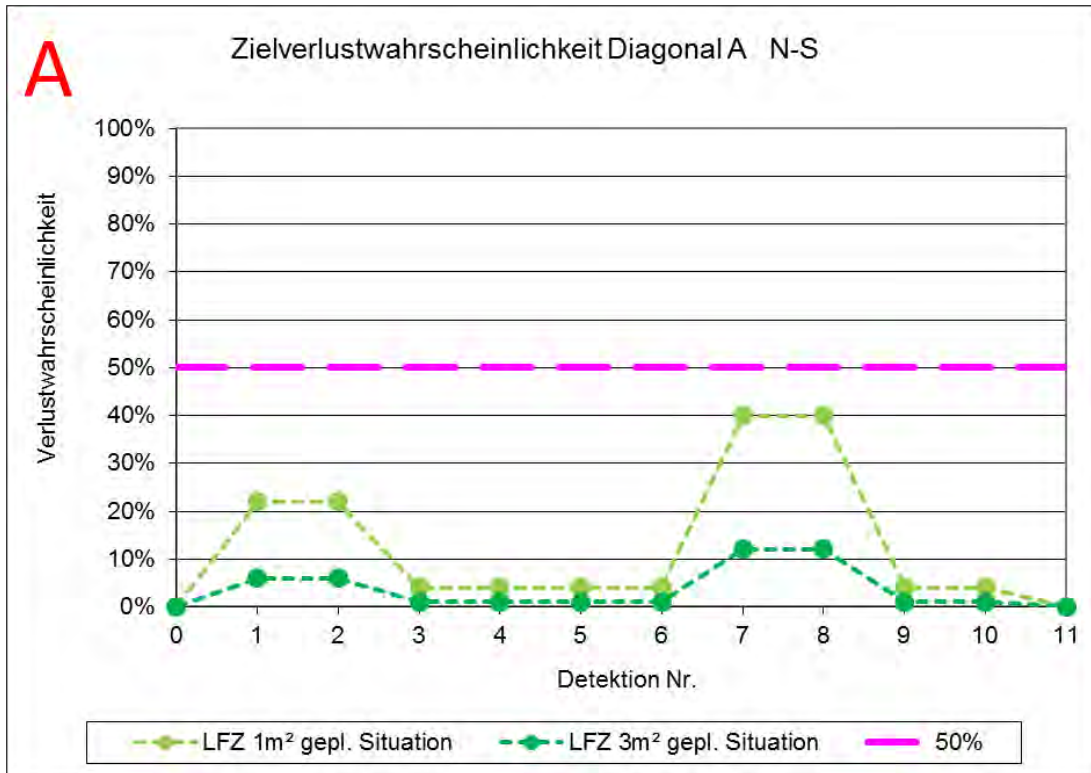


Abbildung 22: Zielverlustwahrscheinlichkeit bei der jeweiligen Detektion (Pfad A)

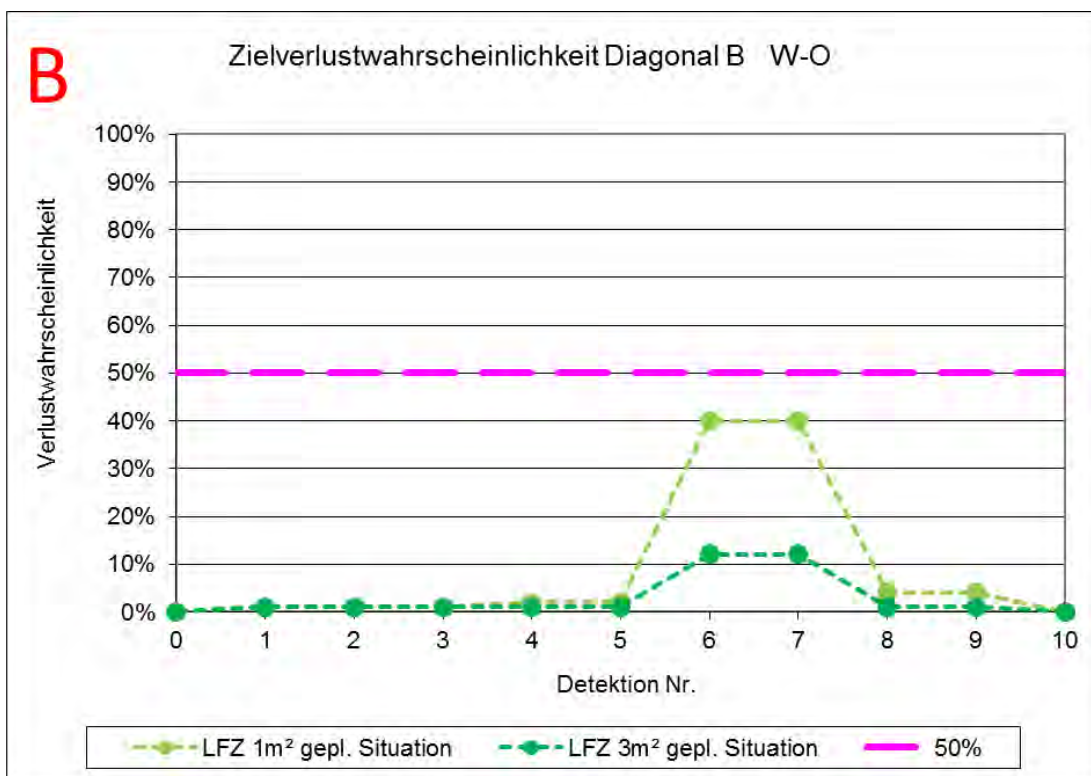


Abbildung 23: Zielverlustwahrscheinlichkeit bei der jeweiligen Detektion (Pfad B)

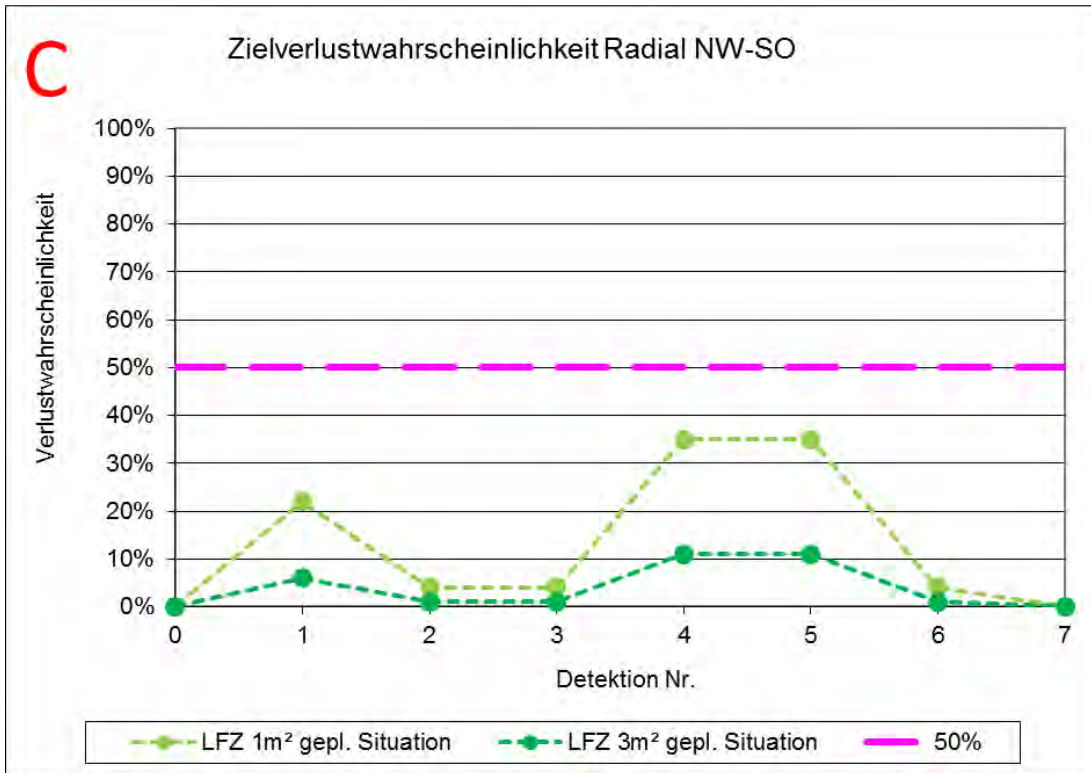


Abbildung 24: Zielverlustwahrscheinlichkeit bei der jeweiligen Detektion (Pfad C)

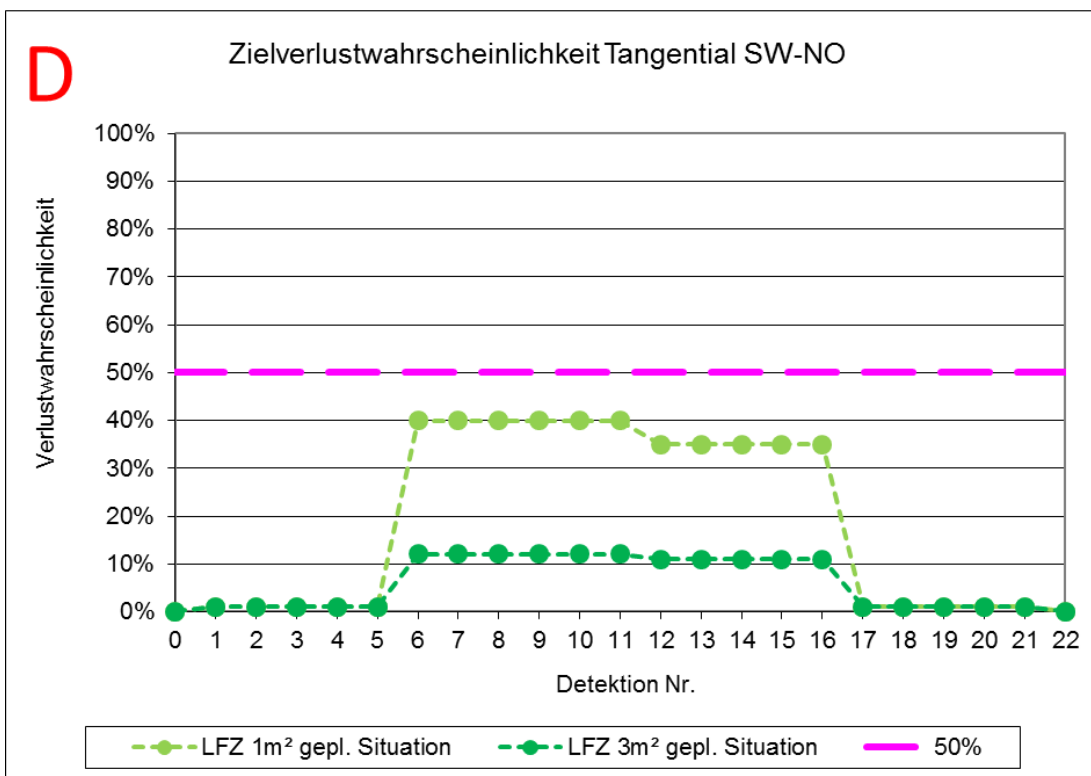


Abbildung 25: Zielverlustwahrscheinlichkeit bei der jeweiligen Detektion (Pfad D)

7.3 Beurteilung der verschiedenen Überflugs-Szenarien:

Bei allen hier durchgeführten Untersuchungen ist zu beachten, dass es sich um sogenannte „Worst-Case“-Szenarien handelt. Das bedeutet, dass ein etwaiger realer Überflug genau diese hier dargestellten Richtungen aufweisen müsste. Dabei ist bei einer auch nur geringfügigen Abweichung von wenigen Metern von diesem Worst-Case-Szenario von einer zum Teil sehr viel geringeren Zielverlustwahrscheinlichkeit auszugehen.

Grundlage sind die technischen Erfordernisse des Radarsystems ASR-S oder funktionsgleicher anderer Radarsysteme, sowie die WEA-Standorte gemäß Tabelle 1.

Untersucht wurde die geplante Situation unter Berücksichtigung der benachbarten Vorbelastung. Aufgrund des ausreichend großen Abstandes zu den benachbarten WEAs kann die Planung gesondert betrachtet werden.

Auf der Grundlage aller durchgeführten Überflugbewertungen bzgl. zu erwartender Zielverlustwahrscheinlichkeiten von LFZ kann festgestellt werden, dass durch die geplante Situation ein Störzelligebiet vorliegt, bei dem bzgl. der Radaranlage Wittmund bei allen Überflugrichtungen die Zielverlustwahrscheinlichkeiten für ein LFZ mit einem RQS von 3 m² ausreichend gering sind.

Eine Zielverlustwahrscheinlichkeit von über 50 % für ein LFZ mit einem RQS von 3 m² nicht mehr als zweimal in Folge gegeben. Ein LFZ-Zielverlust/Trackverlust ist gemäß den Forderungen und Festlegungen der Flugsicherung erst ab der dritten durch eine WEA gestörten Detektion gegeben.

Im Zusammenhang mit dem Flugpfad D sei darauf hingewiesen, dass bei tangential orientierten Flugpfaden relativ zum Standort des Radarsystems generell Einschränkungen bei der Darstellung von LFZ-Bewegungen aufgrund fehlender radialer Dopplerinformationen vorliegen.

Es muss stets dabei deutlich unterschieden werden zwischen der grundsätzlich angegebenen Möglichkeit für einen LFZ-Trackverlust, der als Kumulation verschiedener Ergebnisse angegeben wird, und der Wahrscheinlichkeit, dass ein LFZ-Zielverlust bei einer bestimmten Detektion eintritt. In dem Zusammenhang ist zu beachten, wie lange ein derartiger Verlust gegeben ist.

Die Berechnungen beruhen auf der Annahme der Hauptwindrichtung für das Windparkgebiet von ca. 230° (Jahresmittel).

Anhang A: Abkürzungen

AntUk	=	Antennenunterkante
ASR	=	Airport Surveillance Radar (Primärradar) 2D-Radar
DCM	=	Doppler Clutter Map
GND	=	Geländehöhe
LFZ	=	Luftfahrzeug
LV-Radar	=	Radar zur Luftverteidigung; 3D-Radar
MoM	=	Momentenmethode ; Analyseverfahren zur Hochfrequenzausbreitung
MPR	=	Typenbezeichnung eines Radargerätes zur Luftverteidigung
NH	=	Nabenhöhe
Plot	=	Punkt- bzw. Positionsdarstellung auf dem Radarsichtschirm
Radar	=	Radio Detection and Ranging
RASS	=	Verfahren/Tool zur messtechnischen Bewertung von Radarsystemen
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 %.
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)
Störhäufigkeit	=	Häufigkeit der Detektion und LFZ – ähnlichen Darstellung einer WEA auf dem Radarschirm der ASR 910.
Track	=	Spur
UTD	=	Uniform Theorie of Diffraction: Analyseverfahren zur Hochfrequenzausbreitung
WEA	=	Windenergieanlage
LFZ- Zielverlust	=	Bei ausschließlicher Bewertung der Primärradarerfassung liegt ein LFZ-Zielverlust vor, wenn in unmittelbarer Folge die Darstellung einer LFZ-Position durch WEA beeinträchtigt wird, und in dem Zusammenhang keine eindeutige Zuordnung/Identifikation zwischen dargestelltem Ziel und einem LFZ herstellbar ist.

Anhang B: Technische Parameter der geplanten WEA

Nachstehend sind die radartechnisch relevanten WEA-Parameter der Planungsanlagen zusammengestellt:

Enercon E-82 E2:

- Rotordurchmesser: ca. 82 m
- Nabenhöhe: ca. 108 m
- Säulenquerschnitt oben: ca. 2,4 m
- Gondeldimension: ca. 5,53 m x 11,57 m

Anhang C: Koordinaten

Nachstehend sind die Koordinaten (WGS 84) aufgeführt, die diesem Gutachten für die Analyse zugrunde liegen. Die Planungsanlagen sind grün gekennzeichnet.

Bezeichnung	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Anlagentyp	Nabenhöhe ü. Grund [m]
Windpark Wapeldorf-Heubült				
Wapeldorf 01	53° 20' 6,30"	8° 8' 40,79"	Enercon E-82 E2	108,38
Wapeldorf 02	53° 20' 3,90"	8° 8' 53,59"	Enercon E-82 E2	108,38
Wapeldorf 03	53° 19' 43,43"	8° 9' 9,24"	Enercon E-82 E2	108,38
Wapeldorf 04	53° 19' 35,76"	8° 9' 3,56"	Enercon E-82 E2	108,38
Wapeldorf 05	53° 19' 28,27"	8° 9' 7,11"	Enercon E-82 E2	108,38
Lehmden 01	53° 16' 58,08"	8° 11' 25,57"	Enercon E-82 E2	108,38
Lehmden 02	53° 16' 49,22"	8° 11' 26,92"	Enercon E-82 E2	108,38
Lehmden 03	53° 16' 53,60"	8° 11' 42,66"	Enercon E-82 E2	108,38
Delfshausen 01	53° 18' 8,66"	8° 14' 3,17"	Enercon E-82 E2	108,38
Delfshausen 02	53° 18' 7,58"	8° 14' 21,07"	Enercon E-82 E2	108,38
Delfshausen 04	53° 17' 59,61"	8° 14' 24,88"	Enercon E-82 E2	108,38
Delfshausen 05	53° 18' 4,80"	8° 14' 46,94"	Enercon E-82 E2	108,38
Delfshausen 03	53° 18' 14,86"	8° 14' 41,36"	Enercon E-82 E2	108,38
Rosenberg 01	53° 20' 54,00"	8° 7' 41,75"	Enercon E-82 E2	108,38
Rosenberg 02	53° 20' 58,71"	8° 7' 57,74"	Enercon E-82 E2	108,38

Tabelle 5: Verwendete Koordinaten