Signaturtechnisches Gutachten
zum Windpark Dietrichsfeld
im Einflussbereich der
militärischen Radaranlage Brockzetel

21.01.2016

Gutachten Nr.: TAECS42–080/15

(technischer Abschluss)

Auftraggeber:

Enercon GmbH
Dreekamp 5

D-26605 Aurich

Auftragnehmer:

Airbus Defence and Space GmbH
Military Aircraft
Airbus-Allee 1

D-28199 Bremen

Durchgeführt von:
Dr.-Ing. A. Frye; TAEYO2
(ö.b.v. Sachverständiger)

unter Beteiligung von
Dipl.-Ing. M. Gottschalk TAEYO2

Tel.: 0421 – 538 2719
Tel.: 0421 – 538 7338
Fax: 0421 – 538 3481

E-Mail: andreas.frye@airbus.com

Ausfertigung Nr.: - ***pdf*** -

Das Gutachten besteht aus den Seiten 1 bis 33 mit dem Anhang A.

Inhaltsverzeichnis:

1 Vorbemerkung/Zielsetzung 3

2 Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse 6

3 Aufgabenbeschreibung 10

4 Referenzuntersuchung 11

5 Untersuchungsverfahren 14

6 Technische Analyse 16

6.1 Radartechnische Randbedingungen 19

6.2 Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen 23

6.3 Bewertung des Gesamteinflusses des Windparks 29

Anhang A: Abkürzungen 33

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.

1 Vorbemerkung/Zielsetzung

Die Analyse eines möglichen Störpotentials gegenüber dem Luftverteidigungsradarsystem in Brockzetel erfolgt für drei geplante Windenergieanlagen unter Berücksichtigung von 4 benachbarten Windenergieanlagen im WP Neuschoo-Südmoor sowie des vorgelagerten Windparks Königsmoor. Die in größerer Entfernung nachgelagerten Windenergieanlagen im Bereich Dornum/Holtriem weisen eine ausreichende Separation im Azimut auf, sodass diese für die Planung im Dietrichsfeld radartechnisch nicht relevant sind. Der Windpark Dietrichsfeld befindet sich nordwestlich des Radarstandortes Brockzetel in einer Entfernung von ca. 14 km. Im Rahmen der aktuellen Planung zu diesem Projekt erfolgt eine Bewertung anhand der geplanten sowie vorhandenen WEAs im Hinblick auf die Störfreiheit gemäß den Forderungen zur Vermeidung von radarwirksamen Verschattungserscheinungen, die im Schwerpunkt für 3-D-Radarsysteme relevant sind.

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

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

a. Messtechnisch feststellbare Radarverschattungen durch die geplanten WEAs
b. Gerichtete Reflexionen
c. Streufelderscheinungen, insbesondere infolge von Wechselwirkungen zwischen benachbarten Windenergieanlagen

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.

d. Bewertung der Streufeldintensität für einzelne WEAs als auch für mehrere WEAs unter Berücksichtigung deren Wechselwirkung
e. Messtechnisch feststellbare Radarverschattungen durch die geplanten WEAs im Falle der notwendigen Berücksichtigung vorhandener räumlich vor- oder nachgelagerter WEAs im Hinblick auf 3-D-Radarsysteme.
f. Konkrete Parameter des LV-Radarsystems: Antennenposition, Antennenhöhe, Azimutauflösung, Betriebsfrequenzbereich

Berücksichtigt sind weiter die Referenzuntersuchungen gemäß Kapitel 4.

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 RASS ermittelbaren Entdeckungswahrscheinlichkeit zur Überprüfung von Radarverschattungen in der vorliegenden Untersuchung als nicht feststellbar erachtet wird, wenn die Reichweitenminderung geringer ist als der radiale Abstand bzw. Versatz zweier Rangefenster von 5 NM. Das ungestörte Feld dient dabei als Bezug. Die Radarreichweite ist dabei auf 100 % normiert. Die LFZ Position wird in ca. 130 NM angenommen. Eine messbare Beeinflussung liegt danach bei einer Reichweitenminderung auf unter 96,2 % vor.

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

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.

Es wurden die folgenden Detail-Untersuchungen durchgeführt:

Für die geplanten Aufstellungsorte wurde der Einfluss der Windenergieanlagen vom Typ Enercon E126 mit einer Nabenhöhe von ca. 135 m über Grund im Windpark Dietrichsfeld unter Berücksichtigung der Vorbelastung für die geplante Situation unter radartechnischen Aspekten geprüft. Auf dieser Grundlage erfolgen Rückschlüsse zu den Wechselwirkungen zwischen den vorhandenen und künftigen Einflüssen auf das Radarsystem unter den vorgenannten technischen Aspekten.

Es werden im Ergebnis Vorschläge formuliert und begründet, an welchen Orten zusätzliche Windenergieanlagen unter den genannten radartechnischen Kriterien als zulässig erachtet werden. Das Gutachten dient zur Vorlage und Entscheidungsgrundlage im Rahmen des Genehmigungsverfahrens bei dem zuständigen BAIUDBw – Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr – sowie der Luftwaffe als Betreiber der Radaranlage in Brockzetel. Eine Bewertung der Radaranlage erfolgt nicht.

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.

2 Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse

Um eine Situation sicherzustellen, die auch bei Errichtung der geplanten WEAs für die Radaranlage in Brockzetel eine der bisherigen Betriebsituation gleichwertige Beeinflussung bzw. Radarreichweite schafft, ist die nachstehende WEA-Anordnung gemäß Abbildung 1 sowie Tabelle 1 zulässig:

Abbildung 1: Gesamtübersicht des Windparks Dietrichsfeld der geplanten Windenergieanlagen (grün) sowie der benachbarten Windenergieanlagen Neuschoo-Südmoor. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Brockzetel sind gelb dargestellt.

Die Standorte der geplanten Windenergieanlagen (grün) sowie der vorhandenen Windenergieanlagen Neuschoo-Südmoor sind gekennzeichnet. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Brockzetel sind gelb gekennzeichnet. Die vorgelagerten Windenergieanlagen im WP Königsmoor sind in der Abbildung 3 dargestellt.

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

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Naben-höhe [m]	Gelände-höhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
WP Neuschoo-Südmoor								
WEA N 1v	Enercon E115	53° 33′ 11,80″	7° 30′ 9,68″	135	10	0,4506	14467,51	311,7632
WEA N 3	Enercon E115	53° 33′ 1,21″	7° 30′ 2,16″	135	8	0,4469	14357,81	310,4188
WEA N 5	Enercon E115	53° 33′ 13,15″	7° 30′ 28,47″	135	9	0,4554	14238,78	312,8127
WEA N 6	Enercon E115	53° 33′ 3,99″	7° 30′ 32,92″	135	8,35	0,4626	13987,58	312,1862
WP Königsmoor								
WEA 1	ENERCON E66	53° 29′ 58,35″	7° 35′ 10,70″	98	9,83	0,7747	6399,18	304,6595
WEA 2	ENERCON E66	53° 30′ 10,42″	7° 35′ 40,37″	98	9,44	0,7985	6191,06	310,3866
WEA 3	ENERCON E66	53° 30′ 21,44″	7° 36′ 0,96″	85	8,47	0,6749	6142,49	315,1056
WEA 4	ENERCON E66	53° 29′ 54,73″	7° 35′ 29,71″	98	10,28	0,8264	6048	305,6689
WEA 5	ENERCON E66	53° 30′ 7,85″	7° 36′ 1,52″	98	8,35	0,8375	5845,37	312,2629
WEA 6	ENERCON E66	53° 30′ 23,81″	7° 36′ 24,55″	85	10,49	0,7242	5897,73	318,5967
WEA 7	ENERCON E66	53° 29′ 53,25″	7° 35′ 50,49″	85	8,73	0,7313	5712,74	307,5306
WEA 8	Enercon E-82	53° 29′ 58,42″	7° 36′ 11,22″	108,38	9,73	1,0115	5518,02	311,2638
WEA 9	ENERCON E53	53° 30′ 10,82″	7° 36′ 25,57″	64,6	9,86	0,5506	5590,27	316,0123
WEA 10	ENERCON E66	53° 29′ 38,78″	7° 35′ 50,05″	98	11	0,9272	5459,31	303,744
WEA 12	ENERCON E66	53° 29′ 54,23″	7° 36′ 32,74″	85	9,71	0,8283	5136,68	313,0881
WEA 13	ENERCON E66	53° 29′ 29,98″	7° 36′ 3,58″	85	9	0,8262	5101,72	302,7503
WEA 14	ENERCON E66	53° 29′ 33,27″	7° 36′ 27,67″	85	12,02	0,9176	4793,62	306,6434
WEA 15	ENERCON E66	53° 29′ 48,34″	7° 36′ 49,43″	65	12	0,6791	4788,06	314,0038
WEA 16	ENERCON E66	53° 29′ 9,60″	7° 35′ 56,11″	85	9	0,8588	4915,28	295,6729
WEA 17	ENERCON E66	53° 29′ 16,42″	7° 36′ 17,26″	65	11,56	0,692	4668,27	300,0833
WEA 18	ENERCON E66	53° 28′ 54,51″	7° 35′ 58,07″	65	11,04	0,6809	4698,86	290,7174
WEA 19	ENERCON E66	53° 29′ 0,82″	7° 36′ 17,34″	65	8	0,6823	4445,64	294,6932
WEA 20	ENERCON E40	53° 29′ 27,35″	7° 36′ 58,80″	65	12,6	0,7812	4228	309,2832
WEA 21	ENERCON E40	53° 29′ 21,82″	7° 37′ 4,46″	65	12,08	0,8116	4039,65	308,338
WEA 22	ENERCON E40	53° 29′ 34,22″	7° 37′ 29,94″	65	10,82	0,8118	3952,48	316,9517
WEA 23	ENERCON E48	53° 29′ 50,63″	7° 35′ 38,96″	55,6	13,96	0,4778	5835,57	305,6295
WEA 24	ENERCON E53	53° 30′ 5,89″	7° 35′ 48,99″	60	10	0,4696	5979,31	310,3465
WEA 25	ENERCON E82-E2	53° 30′ 10,74″	7° 35′ 23,34″	108,38	9,22	0,8564	6439,96	308,6479
WEA 26	ENERCON E82-E2	53° 30′ 2,26″	7° 35′ 23,24″	108,38	8,79	0,8752	6281,51	306,7651
WEA 27	ENERCON E82-E2	53° 30′ 6,41″	7° 35′ 4,87″	108,38	9,62	0,834	6630,52	305,908
Planung - WP Dietrichsfeld								
WEA 1	ENERCON E126-EP4	53° 32′ 44,43″	7° 29′ 44,63″	135	6	0,4417	14282,19	307,9918
WEA 2	ENERCON E126-EP4	53° 32′ 46,81″	7° 30′ 9,21″	135	5	0,4495	13973,7	309,3679
WEA 3	ENERCON E126-EP4	53° 32′ 45,55″	7° 30′ 32,28″	135	7	0,4719	13621,72	310,3697

Tabelle 1: Koordinatenübersicht über die analysierte zulässige Aufstellung der geplanten Windenergieanlagen (grün) sowie der Vorbelastung.

Die zu erwartende Reichweitenminderung durch die grün gekennzeichneten geplanten WEAs unter Berücksichtigung der Vorbelastung erfüllt das Kriterium von 96,2 %.

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.

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.

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

Die Streufeldeinflüsse bedingt durch die zukünftige Windparksituation mit den geplanten WEAs weisen eine geringe Intensitätszunahme auf, infolge derer keine feststellbaren Auswirkungen auf das Radarsystem zu erwarten sind.

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

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.

Hinweis:

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

Alle Untersuchungsobjekte sind hinsichtlich Konstruktion und Material vom Auftraggeber vorgegeben worden. Alle Untersuchungen und theoretische Analysen sind vom Sachverständigen persönlich überwacht oder durchgeführt worden. Der Schwerpunkt der Unterstützung durch 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 und Lehre und der Erfahrung aus der Praxis.

Dr. -Ing. A. Frye; 21.01.2016

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Hochfrequenz- und Signaturtechnik

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.

3 Aufgabenbeschreibung

Nordwestlich des Radarstandortes Brockzetel ist in ca. 14 km Entfernung die Errichtung von drei Windenergieanlagen des Typs Enercon E126-EP4 mit einer Nabenhöhe von ca. 135 m über Grund vorgesehen.

Geplante Anlage:

Die getriebelose WEA vom Typ Enercon E126-EP4 hat eine horizontale Ausdehnung der Naben- und Generatorkonstruktion von maximal ca. 18,45 m. Die Höhe kann mit maximal 9,85 m angegeben werden. Der Querschnitt der Standsäule als Stahlsäule oder Stahlbetonsäule am Anschluss zur Gondel ist mit ca. 4 m angegeben. Der Rotordurchmesser beträgt ca. 127 m. Die ermittelten Ergebnisse in diesem Gutachten behalten auch bei einem ggf. kleineren Rotordurchmesser ihre Gültigkeit ohne Einschränkungen.

Für die Rotorblätter der geplanten Anlage 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.

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

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.

4 Referenzuntersuchung

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

Grundlagen dieser Untersuchungen sind u. a.:

1. Computergestützte Strahlungsfeldanalysen der DASA 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 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 Punkt 1 und 2 zu Auenhausen, da hierbei jeweils eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den computergestützten Strahlungsfeldanalysen sowie den Flugvermessungen festgestellt wurde.

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.

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 EFFECS 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.

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.

16. Abschlussbericht: Einfluss von Hindernissen auf HF-gestützte Führungsmittel vom 15.02.2004

17. Feldstudie RAF AWC „ The Effects of Wind turbine Farms on ATC Radar“ vom 10.05.2005

18. Messtechnische Untersuchung durch EADS an Rotorblättern und Bauweisen im Auftrag eines Windenergieanlagen-Herstellers zur Ermittlung von reflexionsdämpfenden Möglichkeiten aus 2003

19. Messtechnische RQS-Untersuchung einer WEA vom Typ Enercon E66 durch Fa. Qinetiq, Großbritannien aus 2003

20. Besprechung und Vortrag bei „Eurocontrol / Wind energy task group“ vom 01.03.2006 „Potential effects of wind turbines and justiciable solutions“.

21. Guidelines on How to Assess the Potential Impact of Wind Turbines on Surveillance Sensors “,Version 0.15 vom 30.Juni 2009

22. EADS Erkenntnisse aus messtechnischen Untersuchungen der Luftwaffe zum Einfluss vom Windenergieanlagen auf die Erfassungen von Flugzielen am Beispiel der 3-D-Radaranlage Auenhausen zur Luftverteidigung aus 2011

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.

5 Untersuchungsverfahren

Das eingesetzte numerische Untersuchungsverfahren zur Strahlungsfeldanalyse im Raum basiert bzgl. der Nachbildung der Windenergieanlagen auf dem mathematischen Verfahren der Momentenmethode.

Bei den Untersuchungen der 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°…0,22° 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.

Zusätzlich wurde zur Abschätzung der sich bewegenden Rotorblätter jede Windenergieanlage mit und ohne metallische Blitzschutzstruktur in den Rotorblättern analysiert. Bei der Analyse der Windenergieanlagen mit stark metallhaltigen Rotorblättern wurde stets eine Y-Konfiguration gewählt. Das nach unten zeigende Rotorblatt ist leicht seitlich vor der Säule positioniert.

Grundsätzlich wird bei den numerischen Analysen als Worst-case-Ansatz das Raumgebiet der Gondel als eine rotationssymmetrische Objektstruktur nachgebildet, die bei vollständiger Rotation ein Ellipsoid ergibt.

Die Einflüsse durch Bodenreflexionen sind in einer ergänzenden Untersuchungsreihe berücksichtigt, die auf dem numerischen Verfahren der UTD basiert. In diesem Zusammenhang wurde auf der Grundlage von Datenbanken, die das Gelände und die Kulturdaten, die u. a. Bebauung und Vegetation beinhalten, das Geländeprofil rechnergestützt nachgebildet. Der Einfluss durch Bodenreflexionen und Streufelder

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.

auf das Radarstrahlungsfeld, insbesondere auf die Empfangsverhältnisse am Ort der Radarortungsanlage, wird dadurch berücksichtigt.

Das elektromagnetische Strahlungsfeld wurde bei jeder Analyse in einem 400 m breiten und einem 15 km langen Feldgebiet – ausgehend von der Radarortungsanlage – ermittelt. Dieses Feldgebiet stellt somit den letzten Streckenabschnitt der vom LFZ reflektierten Radarwelle dar. In den Abbildungen sind somit die Feldstärkeverteilungen der letzten 15 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 nachweisbar beurteilt, wenn die Feldstärkeminderungen am Ort der Empfangsantenne zu einer Reichweitenminderung auf 96,2 % oder weniger gegenüber dem ungestörten Fall (100 %) führen. Die Beurteilung von messbaren Reflexions- und Streufeldeinflüssen orientiert sich an Änderungen der Empfangsfeldstärke, die eine gleiche Größenordnung erreichen.

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

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.

6 Technische Analyse

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 durchgeführt. Ein geringfügig größerer Rotordurchmesser bewirkt keine Abweichungen von den nachfolgenden Analyseergebnissen.

- **Fünffach-Anordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 2. Die Analysen werden für die Standorte **WEA 1, WEA 21, WEA 25, WEA 20** und **WEA 2** bei einer mittleren Distanz von ca. 8,59 km zur Radaranlage Brockzetel durchgeführt.

WEA1-WEA21-WEA25-WEA20-WEA2

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
WEA 1	ENERCON E126-EP4	135	14282,19	0
WEA 21	ENERCON E40	65	4039,65	0,3462
WEA 25	ENERCON E82-E2	108,38	6439,96	0,3099
WEA 20	ENERCON E40	65	4228	0,6353
WEA 2	ENERCON E126-EP4	135	13973,7	0,0847
			8592,7	

Tabelle 2: Teilanordnung der geplanten Situation. Planung WEA 1 und WEA 2

- **Vierfach-Anordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 3. Die Analysen werden für die Standorte **WEA 24, WEA 3, WEA 2** und **WEA N3** bei einer mittleren Distanz von ca. 10,04 km zur Radaranlage Brockzetel durchgeführt.

WEA24-WEA3-WEA2-WEAN3

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
WEA 24	ENERCON E53	60	5979,31	0
WEA 3	ENERCON E126-EP4	135	13621,72	0,0232
WEA 2	ENERCON E66	98	6191,06	0,0169
WEA N 3	Enercon E115	135	14357,81	0,0322
			10037,48	

Tabelle 3: Teilanordnung der geplanten Situation. Planung WEA 3.

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

Die Abbildung 2 gibt die untersuchten Kubaturen der Naben- und Generatorbauformen der geplanten Dimensionen wieder. Die Maximalabmessungen der nachgebildeten Generatorgondeln sowie die Durchmesser des jeweiligen oberen Säulenanschlusses sind angegeben.

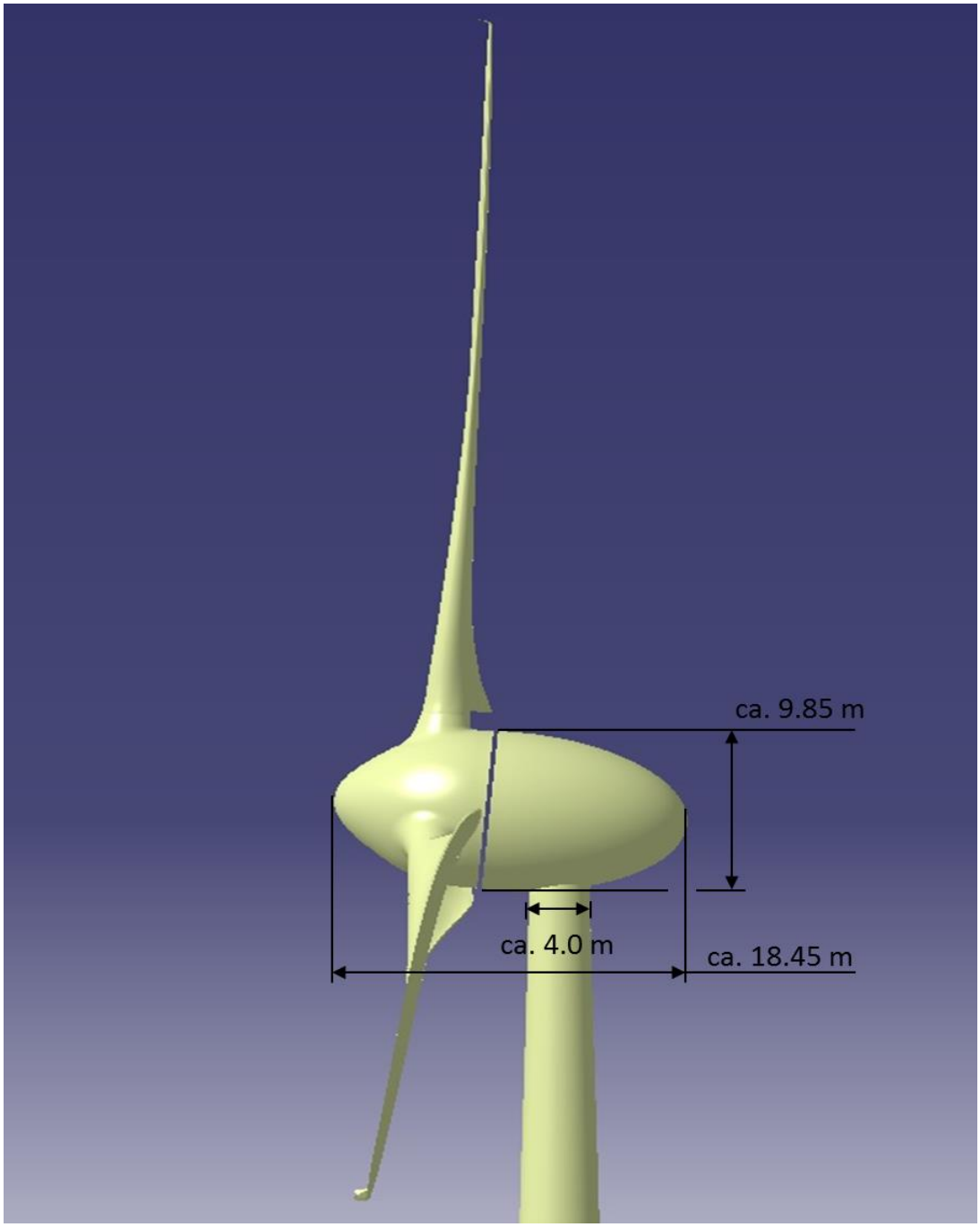

Abbildung 2: Schematische Objektgeometrie für die geplante WEA-Bauform Enercon E126-EP4 ohne Getriebe mit ca. 127 m Rotor bei ca. 135 m NH.

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

Die Abbildung 3 zeigt eine Luftaufnahme der berücksichtigten geplanten WEA-Standorte sowie der Vorbelastung im Windpark Dietrichsfeld bezüglich der Radaranlage Brockzetel für die geplante Situation.

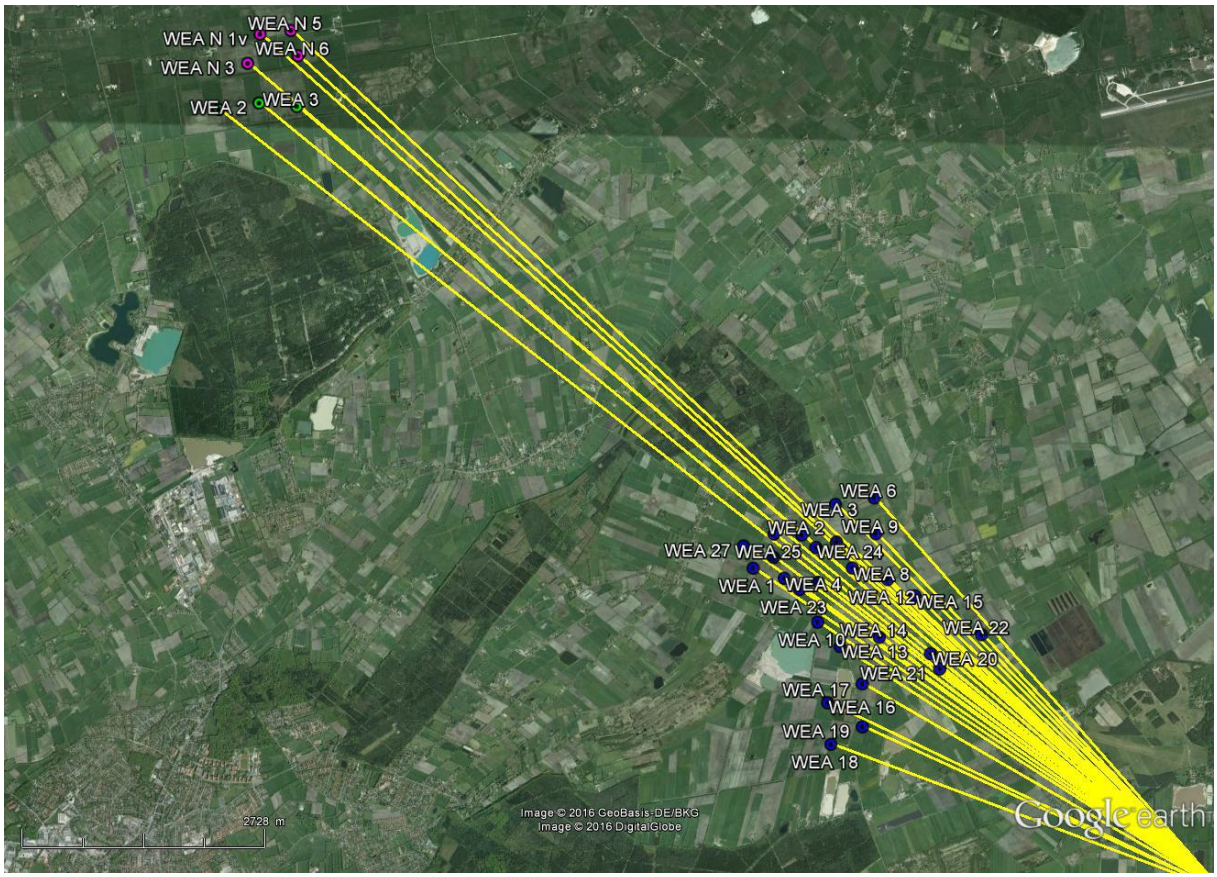

Abbildung 3: Schematische Darstellung der untersuchten Standorte der vorhandenen sowie geplanten Windenergieanlagen. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Brockzetel sind gelb gekennzeichnet.

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.

6.1 Radartechnische Randbedingungen

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

Die Auswirkung durch eine oder mehrere Windenergieanlagen wird im 3-dimensionalen Raum ermittelt.

Die nachstehende Abbildung 4 stellt schematisch einen 2-dimensionalen Flächenausschnitt dar, der unter einem Elevationswinkel vom Luftfahrzeug herunter bis zur exakten Höhenposition der Radarantenne zeigt. Als Höhenposition am Ort der Radarortungsanlage wird die Unterkante der Radarantenne gewählt. Alle Feldstärken sind normiert und in dBV/m angegeben.

Die normierten Feldstärkewerte – der Referenzfall ohne WEA – gemäß der Abbildung 6 sind die Grundlage für die Untersuchungen. Die analysierten Ergebnisse aus dem Kapitel 6.1 und 6.2 sind gültig für Elevationswinkel oberhalb 0,2°.

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.

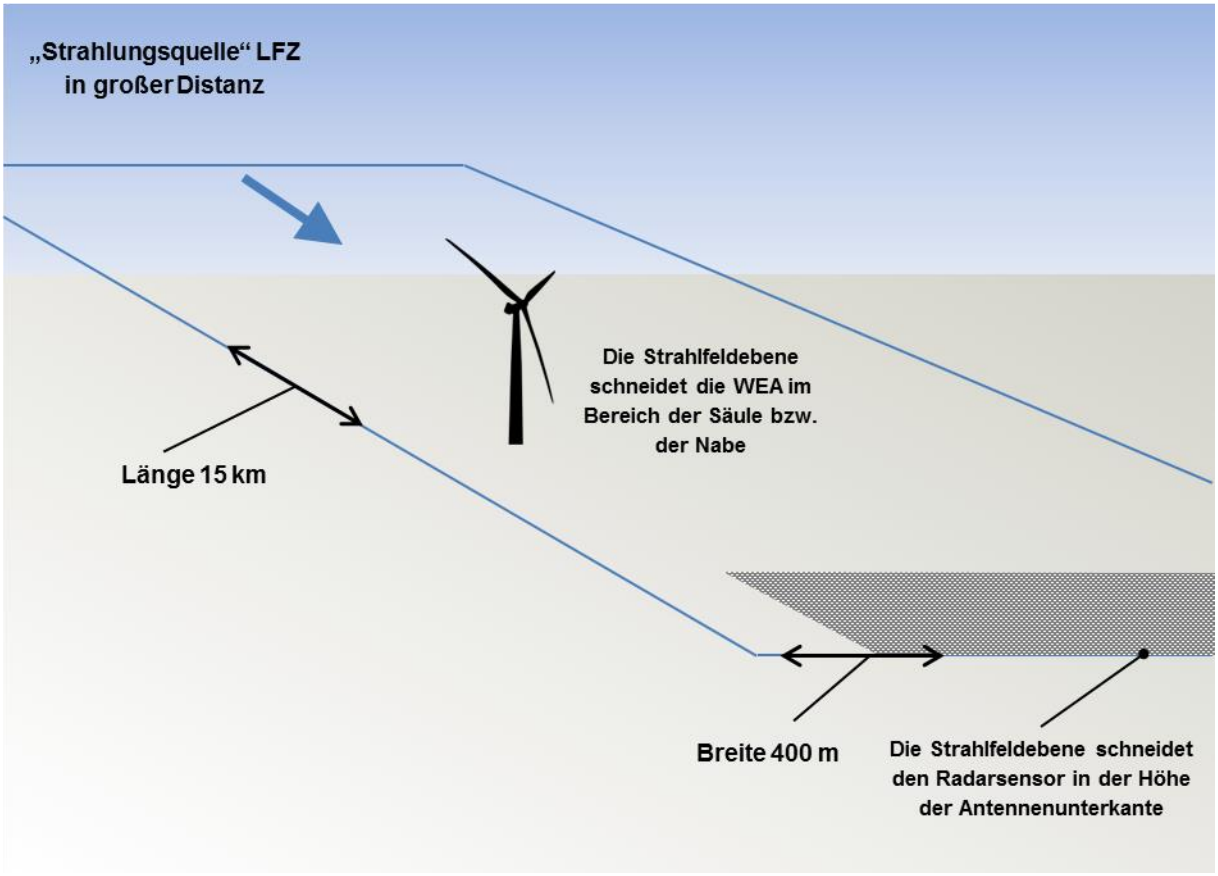

Abbildung 4: Anordnung von Radar und WEA sowie Lage des in dieser Untersuchung dargestellten Luftraums mit einer Ausdehnung von (hier) 15 km x 400 m Breite. Das LFZ wird in einer Distanz von bis zu 130 NM angenommen.
– schematische Darstellung –

Dargestellt ist in der vorliegenden Untersuchung – wenn nicht anders angegeben – stets ein Feldgebiet für den Sekundärpfad. Das vom LFZ reflektierte Signal zur Radaranlage ist bis 15 km Längenausdehnung und in einer Breite von 400 m dargestellt. Der grau dargestellte Ausschnitt des Feldgebietes wird mehreren Detailanalysen unterzogen, um eine ausreichende Datenbasis für die zu erwartenden Einflüsse auf die Empfangsverhältnisse des Radarsensors zu erhalten.

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.

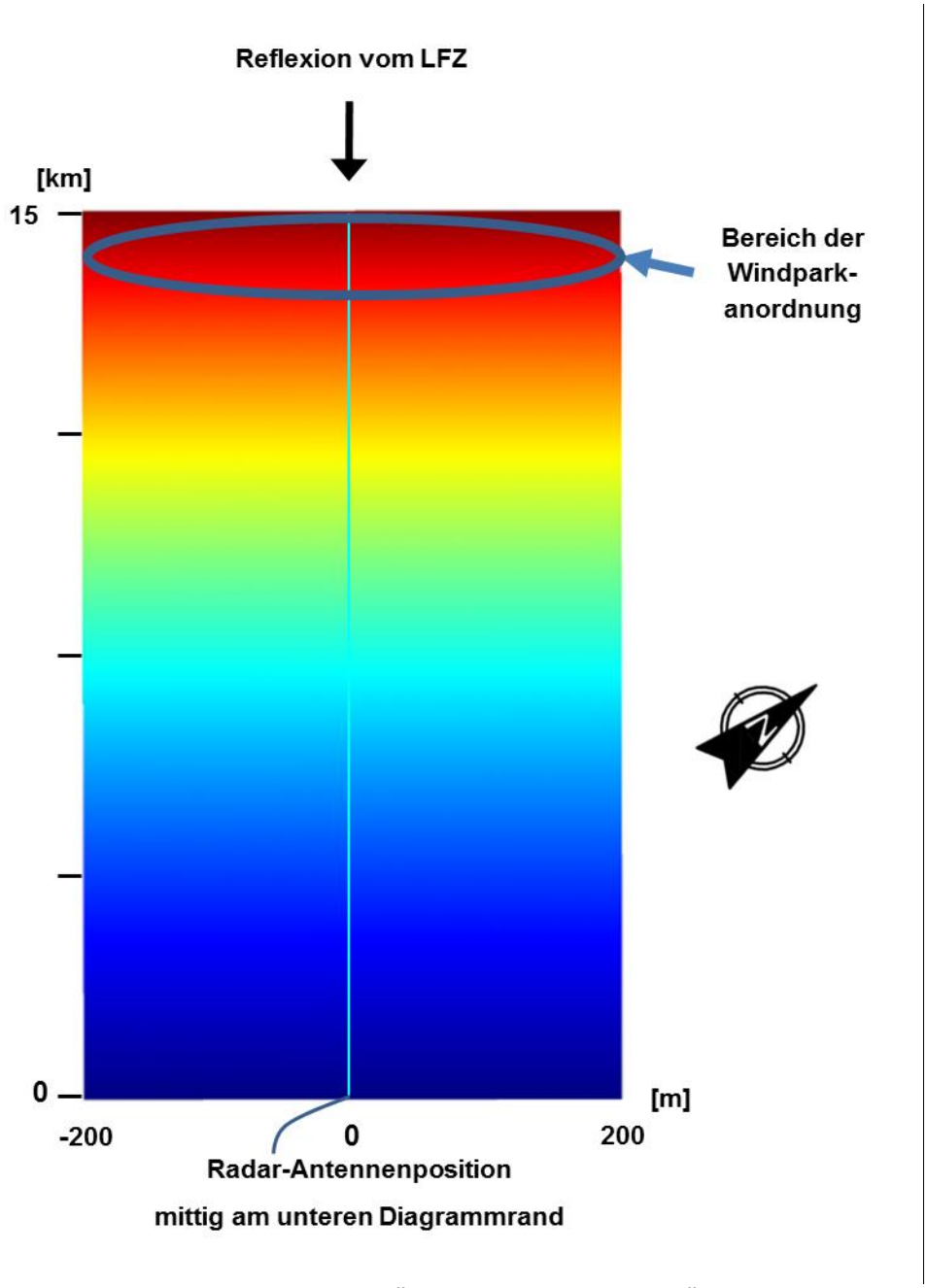

Abbildung 5: Feldgebiet von 15 km x 400 m in der Übersicht (schematische Übersicht für das Radar Brockzetel)

Das Untersuchungsgebiet ist in der Übersicht dargestellt. Der Feldstärkeverlauf ist farblich in verschiedenen Abstufungen angegeben. Der Ort der geplanten Windenergieanlagen wurde in Abbildung 5 schematisch in der geplanten Distanz zu den Radarsystemen als schwarze Ellipse gekennzeichnet. Die gemittelte Distanz der gesamten zukünftigen WEA-Anordnung zum Radar Brockzetel liegt bei ca. 14 km.

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

Die Abbildung 6 gibt die Strahlungsfeldverteilungen als Referenz im Fall ohne Windenergieanlagen zum Vergleich für die Frequenz von ca. 3,1 GHz wieder. Die Werte sind normiert und dienen einer vergleichenden Betrachtung am Ort der Empfangsantenne als Referenzwert.

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

-6,683 dBV/m (normierte Empfangsfeldstärke)

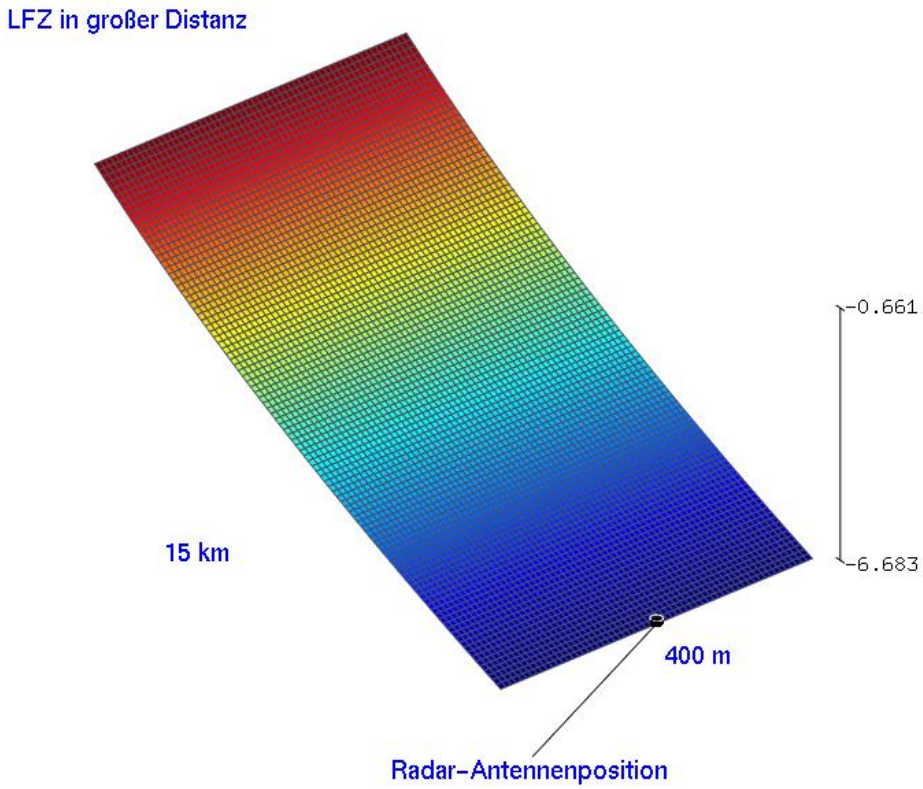

Abbildung 6: Das dargestellte Raumgebiet mit einer Elevation von 0,2° ohne WEA-Einfluss in der Konturdarstellung für die Betriebsfrequenz des Radars Brockzetel.

Die nachfolgenden Untersuchungsergebnisse gemäß dem Kapitel 6.2 unter Berücksichtigung des Einflusses von Windenergieanlagen zeigen am Ort des Radarsensors von den o.g. Werten ohne WEA abweichende, üblicherweise geringere Feldstärkewerte. Diese Differenz der Werte wird in eine zu erwartende äquivalente Reduktion der Reichweite umgerechnet.

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.

6.2 Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen

Die Nachbildung der geplanten Windenergieanlagen vom Typ Enercon E126-EP4 erfolgt gemäß der Abbildung 2. Die Strahlfeldanalyse erfolgt für die vorgenannten Anlagentypen und Standortkombinationen.

Die Abbildung 7 und Abbildung 8 geben für die Betriebsfrequenz der militärischen Radaranlage Brockzetel die Ergebnisse der **künftigen Situation** für die Anordnung mit den geplanten Windenergieanlagen als Teilanordnungen wieder.

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

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

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Insbesondere die Veröffentlichung in öffentlich zugänglichen Medien setzt eine explizite schriftliche Zustimmung durch Airbus Defence and Space 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.

Fünffach-Anordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 2. Die Analysen werden für die Standorte **WEA 1, WEA 21, WEA 25, WEA 20** und **WEA 2** bei einer mittleren Distanz von ca. 8,59 km zur Radaranlage Brockzetel durchgeführt.

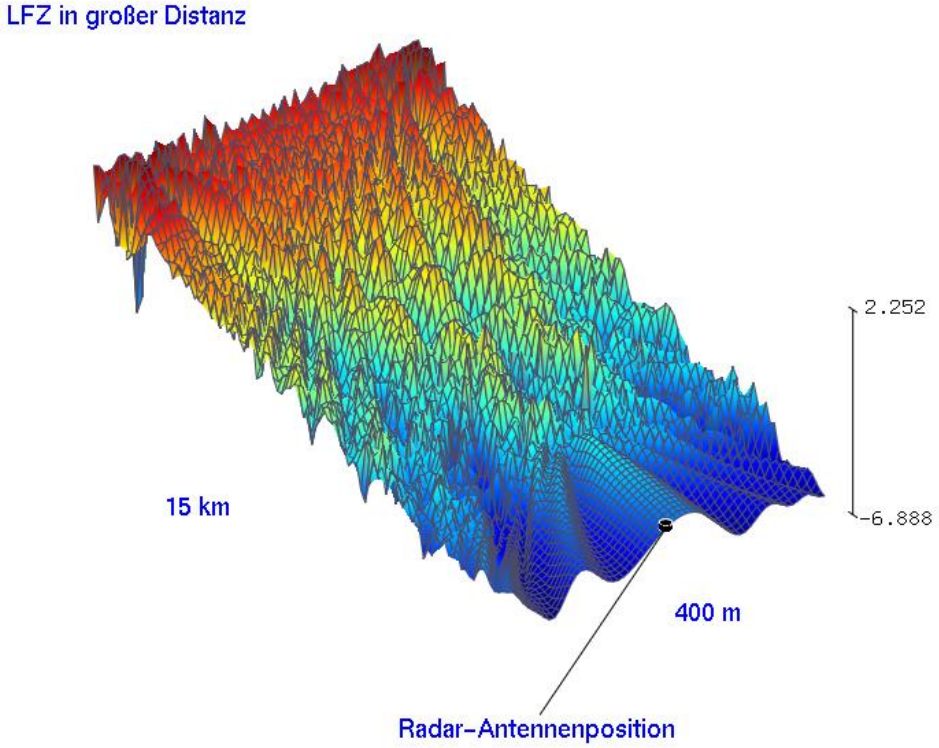

Abbildung 7: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Windenergieanlagen an den Standorten WEA 1, WEA 21, WEA 25, WEA 20 und WEA 2 als Fünffach-Anordnung im Einflussbereich der Radaranlage Brockzetel.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 7 mit -6,888 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

97,67 %.

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

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.

Vierfach-Anordnung der geplanten Situation gemäß Tabelle 3. Die Analysen werden für die Standorte **WEA 24, WEA 3, WEA 2** und **WEA N3** bei einer mittleren Distanz von ca. 10,04 km zur Radaranlage Brockzetel durchgeführt.

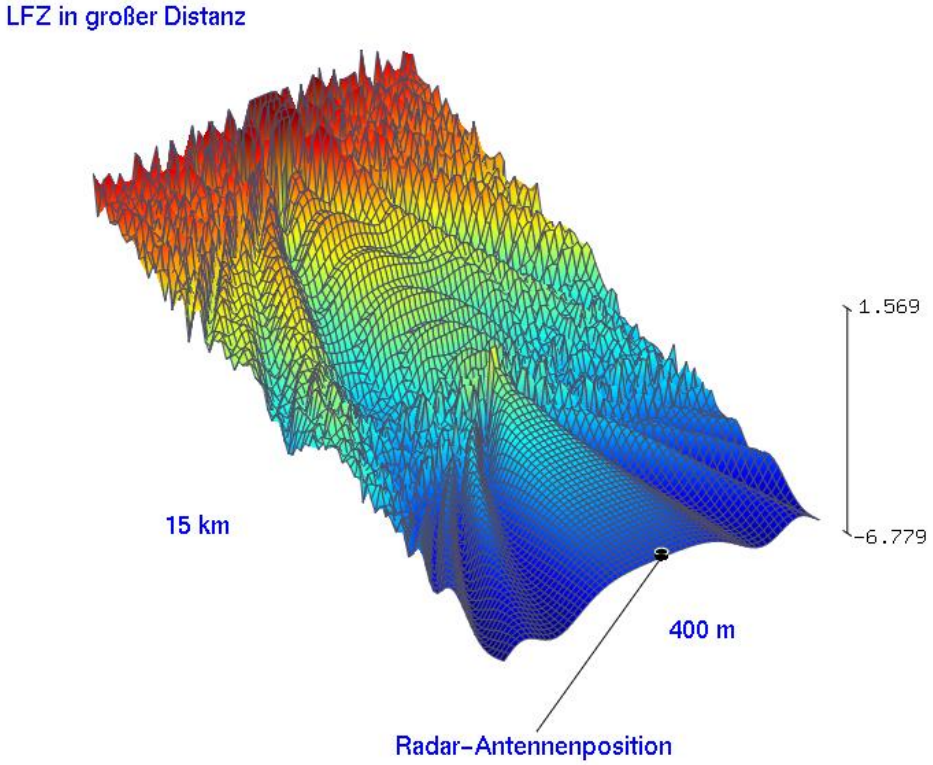

Abbildung 8: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Windenergieanlagen an den Standorten WEA 24, WEA 3, WEA 2 und WEA N3 als Vierfach-Anordnung im Einflussbereich der Radaranlage Brockzetel.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 8 mit -6,779 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

98,90 %.

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

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.

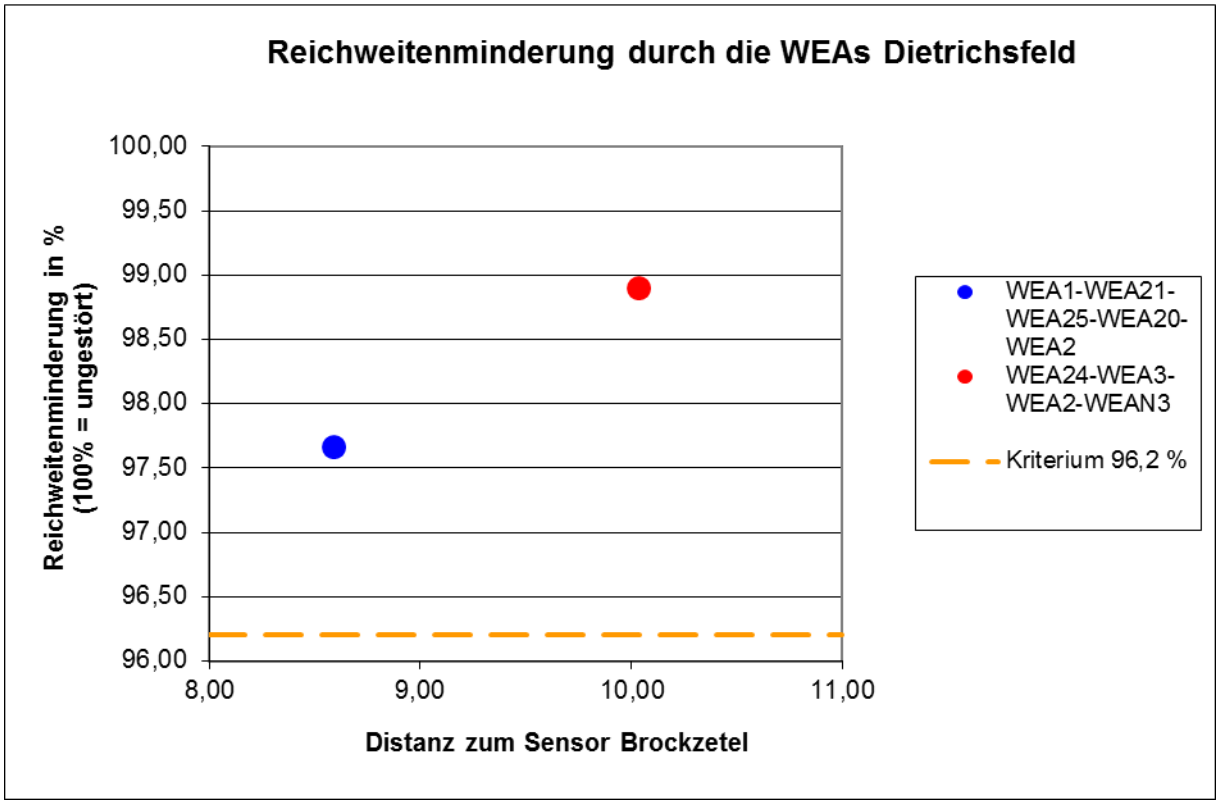

Abbildung 9: Übersicht über die zu erwartende Reichweitenreduktion bei den angegebenen WEA-Konstellationen.

Beurteilung:

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

Für die Untersuchung der Aufstellung der geplanten WEAs liegen gemäß den Untersuchungsergebnissen keine Verschattungen vor, die das Kriterium 96,2 % verletzen.

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

Die nachstehende Abbildung 10 gibt die Perspektive der vorhandenen/geplanten Windenergieanlagen über Azimut und Elevation bzgl. der Gondelpositionen für das Radar Brockzetel wieder. Die Bereiche der untersuchten Teilanordnungen sind farbig hinterlegt.

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

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

In der Abbildung 10 ist die Perspektive der untersuchten Teilausschnitte des Windparks über Azimut und Elevation bzgl. der Gondelpositionen für das Radar Brockzetel dargestellt. Die Teilanordnungen mit den stärksten Verdichtungen für die Planungsanlagen sind in der Abbildung 10 durch orange Flächen gekennzeichnet. Die jeweiligen LFZ-Positionen im Azimut sind für die Teilanordnungen schematisch gekennzeichnet.

Die Detailanalysen, bei denen das LFZ hinter einer WEA-Verdichtung mit geringen Azimutabständen angeordnet ist, geben den jeweiligen worst-case Fall einer Ver-

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.

dichtung wieder. Die Azimutbreite der Teilanordnungen ist somit nicht zwingend identisch mit der Azimutauflösung des Radargerätes.

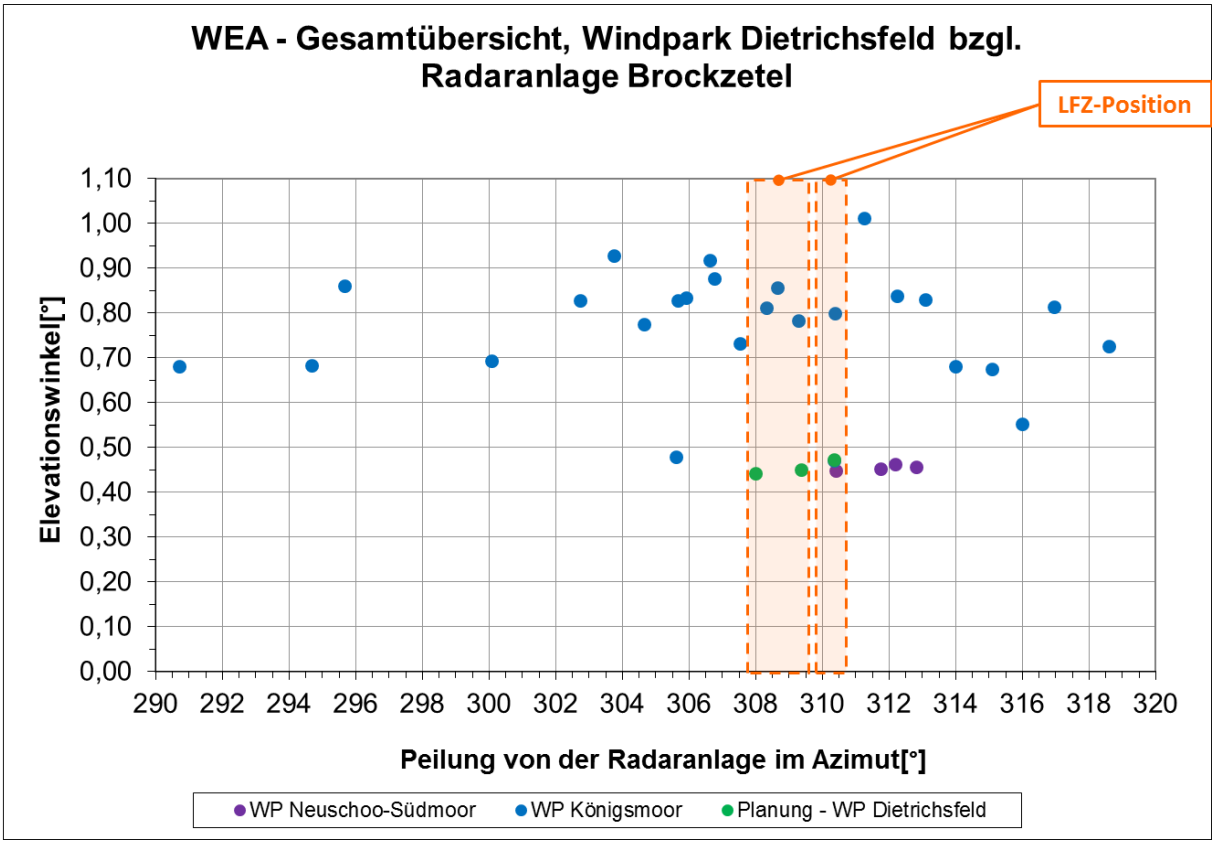

Abbildung 10: Perspektive zur Gondelanordnung gemäß Azimut und Elevation für die Position des Radars Brockzetel. Die Bereiche der analysierten Teilanordnungen sind orange gekennzeichnet.

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.

6.3 Bewertung des Gesamteinflusses des Windparks

In den Untersuchungen wurden die geplanten Standorte in Dietrichsfeld als zukünftige Situation unter Berücksichtigung der Vorbelastung analysiert.

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

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

Die Abbildung 11 zeigt eine Luftbildaufnahme des Windparkgebietes als Detailansicht der grün gekennzeichneten geplanten radartechnisch zulässigen WEA-Standorte sowie der benachbarten Vorbelastung. Die Koordinaten der vorhandenen/geplanten WEAs sowie die jeweiligen Entfernungen, die Elevation und Azimutwinkelbezüge zum Radar Brockzetel sind der Tabelle 4 zu entnehmen. Die Abbildung 12 zeigt eine Übersicht zur Anordnung bzgl. der Elevation und Azimut der WEA-Gondeln bzgl. der militärischen Radaranlage Brockzetel.

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 11: Gesamtübersicht des Windparks Dietrichsfeld der geplanten Windenergieanlagen (grün) sowie der benachbarten Windenergieanlagen Neuschoo-Südmoor. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Brockzetel sind gelb dargestellt.

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

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Naben-höhe [m]	Gelände-höhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
WP Neuschoo-Südmoor								
WEA N 1v	Enercon E115	53° 33' 11,80"	7° 30' 9,68"	135	10	0,4506	14467,51	311,7632
WEA N 3	Enercon E115	53° 33' 1,21"	7° 30' 2,16"	135	8	0,4469	14357,81	310,4188
WEA N 5	Enercon E115	53° 33' 13,15"	7° 30' 28,47"	135	9	0,4554	14238,78	312,8127
WEA N 6	Enercon E115	53° 33' 3,99"	7° 30' 32,92"	135	8,35	0,4626	13987,58	312,1862
WP Königsmoor								
WEA 1	ENERCON E66	53° 29' 58,35"	7° 35' 10,70"	98	9,83	0,7747	6399,18	304,6595
WEA 2	ENERCON E66	53° 30' 10,42"	7° 35' 40,37"	98	9,44	0,7985	6191,06	310,3866
WEA 3	ENERCON E66	53° 30' 21,44"	7° 36' 0,96"	85	8,47	0,6749	6142,49	315,1056
WEA 4	ENERCON E66	53° 29' 54,73"	7° 35' 29,71"	98	10,28	0,8264	6048	305,6689
WEA 5	ENERCON E66	53° 30' 7,85"	7° 36' 1,52"	98	8,35	0,8375	5845,37	312,2629
WEA 6	ENERCON E66	53° 30' 23,81"	7° 36' 24,55"	85	10,49	0,7242	5897,73	318,5967
WEA 7	ENERCON E66	53° 29' 53,25"	7° 35' 50,49"	85	8,73	0,7313	5712,74	307,5306
WEA 8	Enercon E-82	53° 29' 58,42"	7° 36' 11,22"	108,38	9,73	1,0115	5518,02	311,2638
WEA 9	ENERCON E53	53° 30' 10,82"	7° 36' 25,57"	64,6	9,86	0,5506	5590,27	316,0123
WEA 10	ENERCON E66	53° 29' 38,78"	7° 35' 50,05"	98	11	0,9272	5459,31	303,744
WEA 12	ENERCON E66	53° 29' 54,23"	7° 36' 32,74"	85	9,71	0,8283	5136,68	313,0881
WEA 13	ENERCON E66	53° 29' 29,98"	7° 36' 3,58"	85	9	0,8262	5101,72	302,7503
WEA 14	ENERCON E66	53° 29' 33,27"	7° 36' 27,67"	85	12,02	0,9176	4793,62	306,6434
WEA 15	ENERCON E66	53° 29' 48,34"	7° 36' 49,43"	65	12	0,6791	4788,06	314,0038
WEA 16	ENERCON E66	53° 29' 9,60"	7° 35' 56,11"	85	9	0,8588	4915,28	295,6729
WEA 17	ENERCON E66	53° 29' 16,42"	7° 36' 17,26"	65	11,56	0,692	4668,27	300,0833
WEA 18	ENERCON E66	53° 28' 54,51"	7° 35' 58,07"	65	11,04	0,6809	4698,86	290,7174
WEA 19	ENERCON E66	53° 29' 0,82"	7° 36' 17,34"	65	8	0,6823	4445,64	294,6932
WEA 20	ENERCON E40	53° 29' 27,35"	7° 36' 58,80"	65	12,6	0,7812	4228	309,2832
WEA 21	ENERCON E40	53° 29' 21,82"	7° 37' 4,46"	65	12,08	0,8116	4039,65	308,338
WEA 22	ENERCON E40	53° 29' 34,22"	7° 37' 29,94"	65	10,82	0,8118	3952,48	316,9517
WEA 23	ENERCON E48	53° 29' 50,63"	7° 35' 38,96"	55,6	13,96	0,4778	5835,57	305,6295
WEA 24	ENERCON E53	53° 30' 5,89"	7° 35' 48,99"	60	10	0,4696	5979,31	310,3465
WEA 25	ENERCON E82-E2	53° 30' 10,74"	7° 35' 23,34"	108,38	9,22	0,8564	6439,96	308,6479
WEA 26	ENERCON E82-E2	53° 30' 2,26"	7° 35' 23,24"	108,38	8,79	0,8752	6281,51	306,7651
WEA 27	ENERCON E82-E2	53° 30' 6,41"	7° 35' 4,87"	108,38	9,62	0,834	6630,52	305,908
Planung - WP Dietrichsfeld								
WEA 1	ENERCON E126-EP4	53° 32' 44,43"	7° 29' 44,63"	135	6	0,4417	14282,19	307,9918
WEA 2	ENERCON E126-EP4	53° 32' 46,81"	7° 30' 9,21"	135	5	0,4495	13973,7	309,3679
WEA 3	ENERCON E126-EP4	53° 32' 45,55"	7° 30' 32,28"	135	7	0,4719	13621,72	310,3697

Tabelle 4: Koordinatenübersicht über die analysierte zulässige Aufstellung der geplanten Windenergieanlagen (grün) sowie der Vorbelastung.

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.

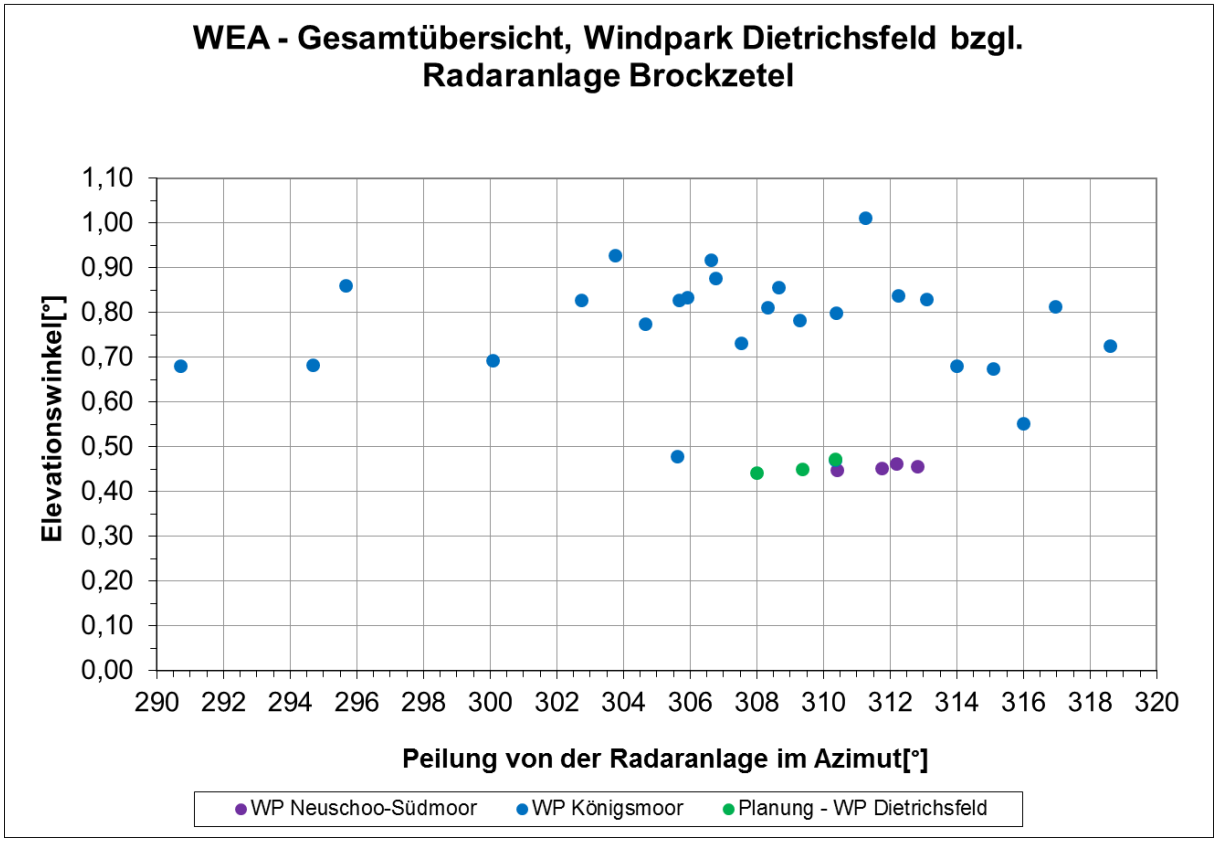

Abbildung 12: Perspektive zur Gondelanordnung gemäß Azimut und Elevation für die Position des Radars Brockzetel.

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.

Anhang A: Abkürzungen

ASR	=	Airport Surveillance Radar (Primärradar)	2-D-Radar
GND	=	Geländehöhe	
LFZ	=	Luftfahrzeug	
LV-Radar	=	Radar zur Luftverteidigung;	3-D-Radar
MoM	=	Momentenmethode ; Analyseverfahren zur Hochfrequenzausbreitung	
MPR	=	Typenbezeichnung eines Radargerätes zur Luftverteidigung	
NH	=	Nabenhöhe	
RASS	=	Verfahren/Tool zur messtechnischen Bewertung von Radarsystemen	
RCS	=	Radar-Cross-Section	(RQS Radarquerschnitt)
Reichweiten-minderung	=	Maß für die Beschränkung/Minderung der radarwirksamen Einsehbarkeit in definierte Luftraumsektionen. Die ideale Betriebsbedingung liegt vor für einen Wert von 100 %.	
SSR/IFF	=	Secondary Surveillance Radar	(Sekundärradar)
UTD	=	Uniform Theorie of Diffraction: Analyseverfahren zur Hochfrequenzausbreitung	
WEA	=	Windenergieanlage	

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.