

Signaturtechnisches Gutachten  
zum Windpark Kesdorf-Süsel  
im Einflussbereich der  
militärischen Radaranlage Elmenhorst

17.12.2019

Gutachten Nr.: TEATE-329/19

(redigierte Fassung/ technischer Abschluss)

**Auftraggeber:**

Wind-Electric Beteiligungsgesellschaft Kesdorf  
mbH & Co. Betriebs-KG c/o Denker & Wulf  
Windmühlenberg

D-24814 Sehestadt

**Auftragnehmer:**

Airbus Defence and Space GmbH  
Military Aircraft  
Airbus-Allee 1

D-28199 Bremen

**Durchgeführt von:**

Dr.-Ing. A. Frye; TEATE  
(ö.b.v. Sachverständiger)

unter Beteiligung von  
Dipl.-Ing. (FH) T. Bischoff TEATE

Tel.: 0421 – 538 2719

Tel.: 0421 – 538 7338

Fax: 0421 – 538 3481

E-Mail: [andreas.frye@airbus.com](mailto:andreas.frye@airbus.com)



Ausfertigung Nr.: - pdf -

Das Gutachten besteht aus den Seiten 1 bis 42 mit dem Anhang A.

## **Inhaltsverzeichnis:**

1	Vorbemerkung .....	3
2	Zielsetzung .....	3
3	Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse .....	6
4	Aufgabenbeschreibung .....	12
5	Referenzuntersuchung.....	13
6	Untersuchungsverfahren.....	16
7	Technische Analyse.....	18
7.1	Radartechnische Randbedingungen.....	23
7.2	Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen.....	27
7.3	Bewertung des Gesamteinflusses des Windparks .....	37
	Anhang A: Abkürzungen.....	42

## **1 Vorbemerkung**

Das vorliegende Gutachten fasst die Erkenntnisse und den technischen Stand der fachlichen Abstimmung mit den Entscheidungsträgern der militärischen Flugsicherung bzw. der Luftwaffe zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes zusammen.

Nachstehend erfolgt zunächst die Darstellung der technischen Zielsetzungen des Radarsystems sowie die Gesamtbeurteilung der einzelnen Ergebnisse zum Luftverteidigungsradar (LV-Radar) Elmenhorst gemäß Kapitel 4 bis 7.

## **2 Zielsetzung**

Die Analyse eines möglichen Störpotentials gegenüber dem Luftverteidigungsradarsystem in Elmenhorst erfolgt für zwölf geplante Windenergieanlagen im WP Kesdorf-Süsel unter Berücksichtigung der benachbarten Vorbelastung, bei gleichzeitigem Rückbau von 17 WEA verschiedener Typen und Nabenhöhen.

Die geplanten Windkraftanlagen im Windpark Kesdorf-Süsel befinden sich westlich des Radarstandortes Elmenhorst in einer durchschnittlichen Entfernung von ca. 31,5 km. Im Rahmen der aktuellen Planung zu diesem Projekt erfolgt eine Bewertung anhand der geplanten, bestehenden sowie vorhandenen WEA 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 Elmenhorst – die einer Sicherheitseinstufung unterliegen – zugrunde gelegt. Eine ausführliche Beschreibung der technischen Betriebsparameter und Aufgabenstellungen des Systems erfolgt aus diesem Grund 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.

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

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

Berücksichtigt sind weiter die Referenzuntersuchungen gemäß Kapitel 5

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.

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.

**Es wurden die folgenden Detail-Untersuchungen durchgeführt:**

Untersucht wird in diesem Gutachten die Planung von zwölf WEA vom Typ GE 5.5-158 mit 120,9 m Nabhöhe. Eine weitere Windkraftanlage im Richtungsbezug, vom Typ Siemens SWT-3.2-113 mit 135 m Nabhöhe, befindet sich im Genehmigungsverfahren und wird daher als Bestand angenommen. 17 WEA verschiedener Typen und Nabenhöhen die sich im Gebiet der Planung befinden werden zurückgebaut.

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

Es werden im Ergebnis Vorschläge formuliert und begründet, an welchen Orten zusätzliche Windenergieanlagen unter den genannten radartechnischen Kriterien als zulässig erachtet werden. 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 Elmenhorst. Eine Bewertung der Radaranlage erfolgt nicht.

### 3 Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse

Um eine Situation sicherzustellen, die auch bei Errichtung der geplanten WEA für die Radaranlage in Elmenhorst eine der bisherigen Betriebssituation gleichwertige Beeinflussung bzw. Radarreichweite schafft, ist die nachstehende WEA-Anordnung gemäß Abbildung 1, Abbildung 2 und Abbildung 3 sowie Tabelle 1 zulässig:

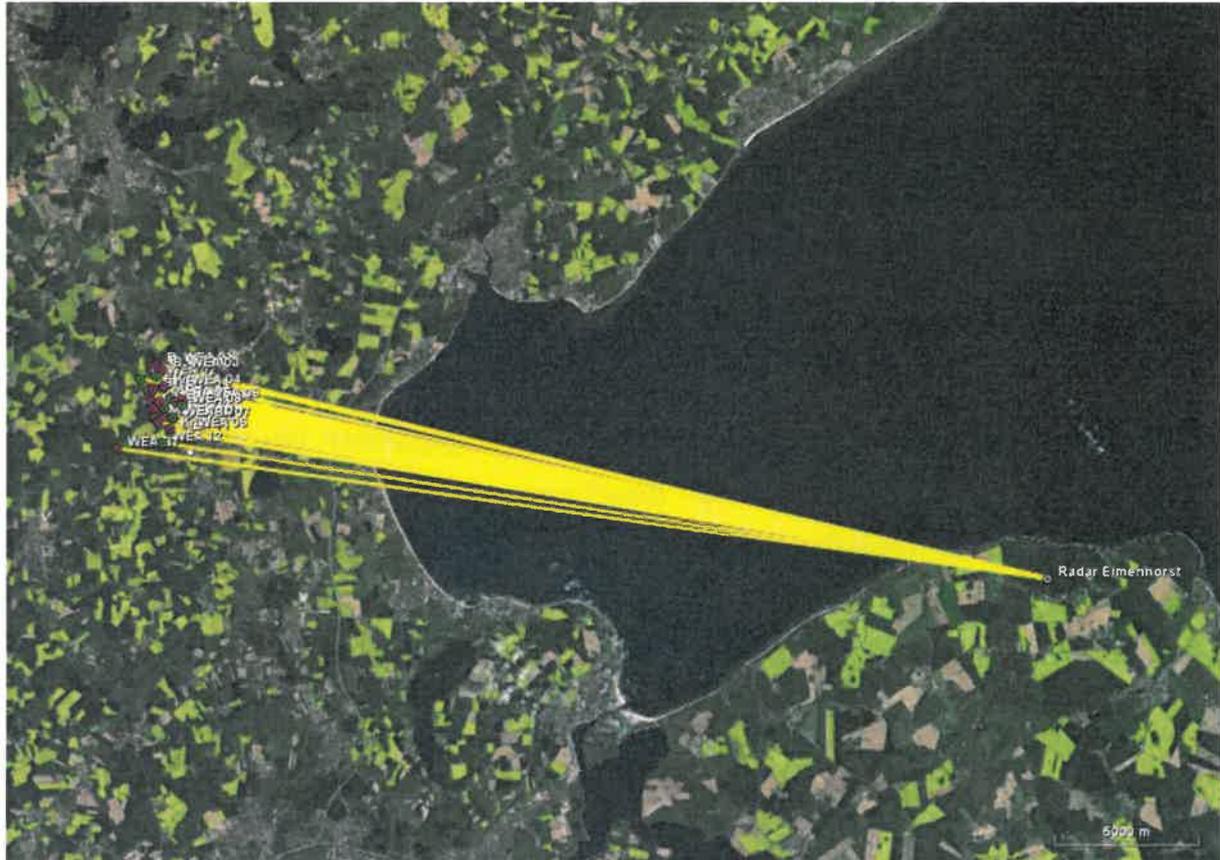


Abbildung 1: Übersicht des Windparks Kesdorf-Süsel mit den geplanten Windenergieanlagen (grün), der Bestandsanlage (rot) und den zurückzubauenden Anlagen (magenta). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Elmenhorst sind gelb dargestellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Bezeichnungen der Anlagen teilweise ausgeblendet.

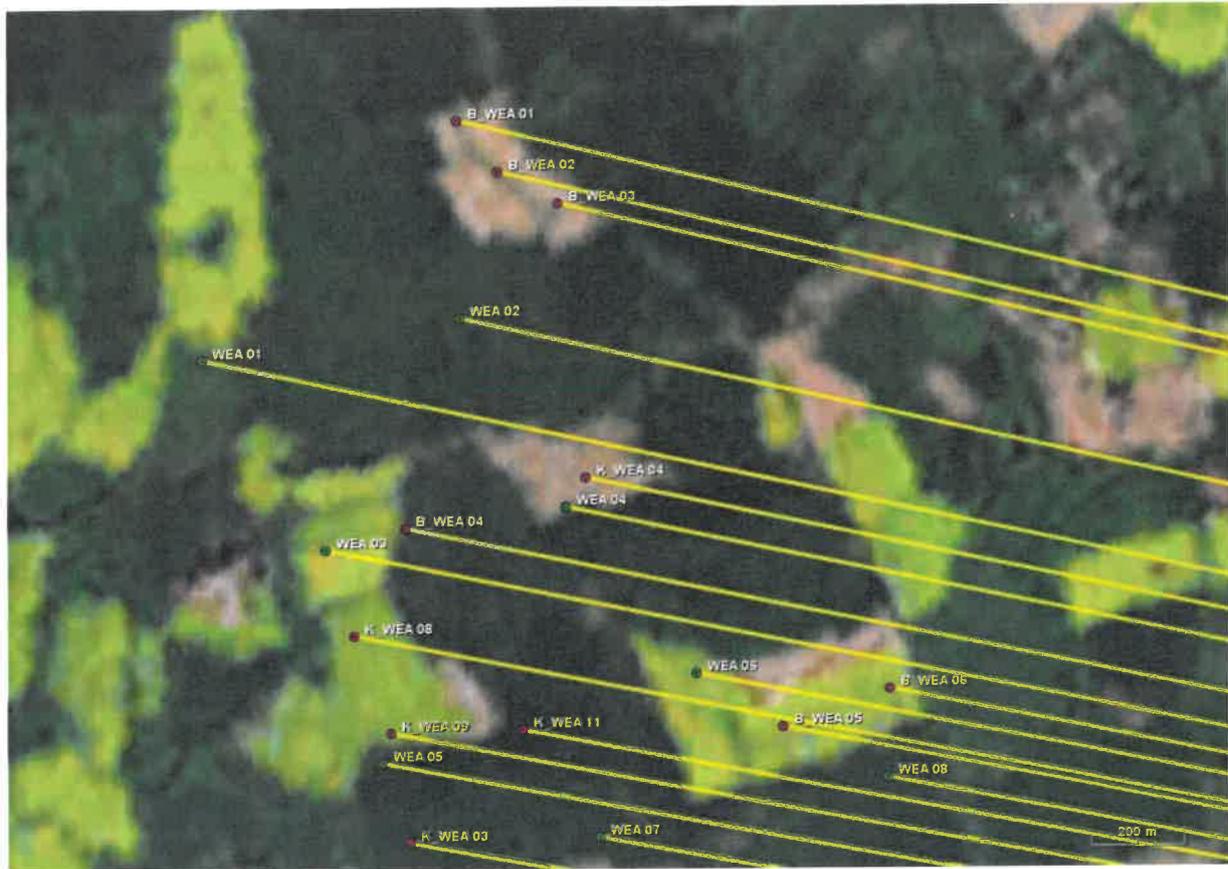


Abbildung 2: Detailübersicht (Nord) über den Windpark Kesdorf-Süsel mit dem nördlichen Anteil der geplanten Windenergieanlagen (grün) und dem nördlichen Anteil der zurückzubauenden Anlagen (magenta). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Elmenhorst sind gelb dargestellt.

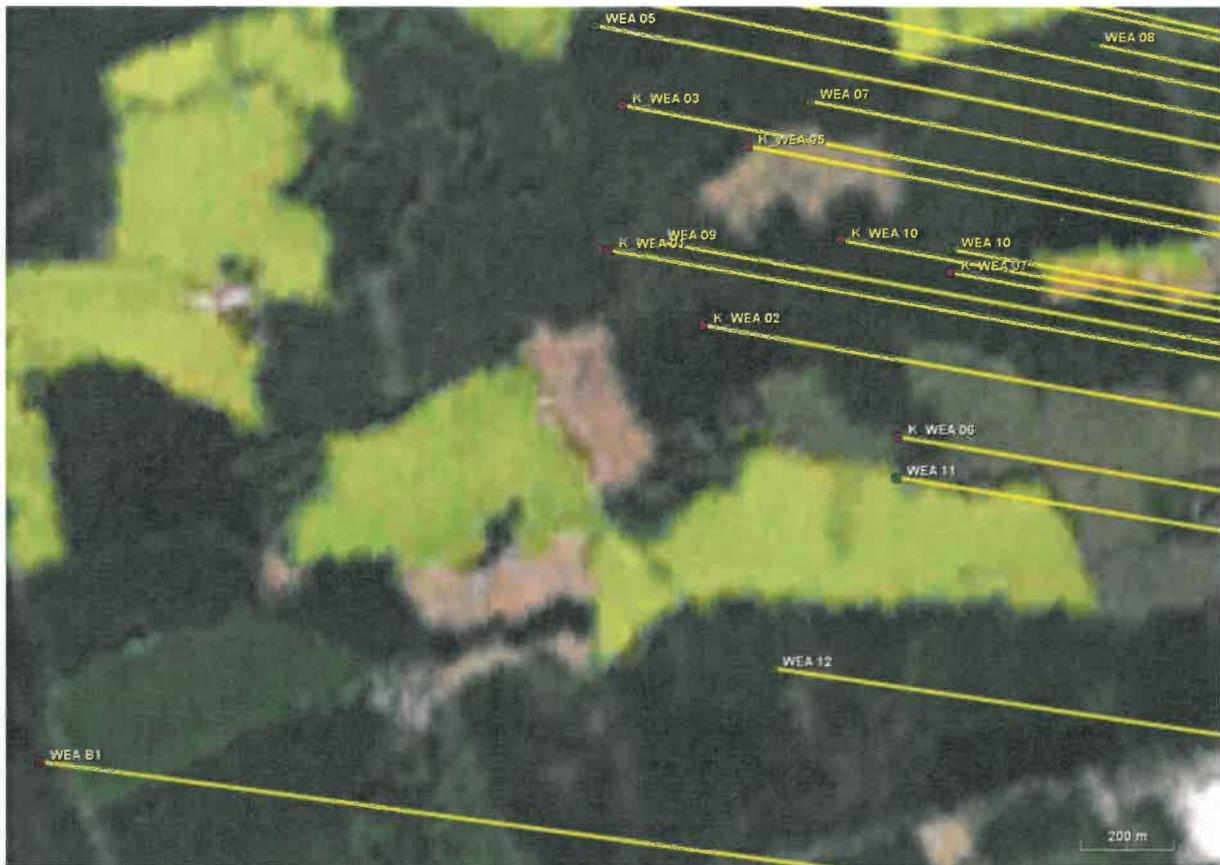


Abbildung 3: Detailübersicht (Süd) über den Windpark Kesdorf-Süsel mit dem südlichen Anteil der geplanten Windenergieanlagen (grün) und dem südlichen Anteil der zurückzubauenen Anlagen (magenta) , sowie der als Bestand angenommenen Anlage (rot). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Elmenhorst sind gelb dargestellt.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Geländehöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
<b>Planung</b>								
WEA 01	GE 5.5-158	54° 3' 48,03"	10° 37' 41,23"	120,90	54,99	0,048	32403,34	282,679
WEA 02	GE 5.5-158	54° 3' 50,86"	10° 38' 11,10"	120,90	56,14	0,055	31891,79	283,040
WEA 03	GE 5.5-158	54° 3' 34,79"	10° 37' 55,51"	120,90	56,09	0,053	32064,27	282,063
WEA 04	GE 5.5-158	54° 3' 37,71"	10° 38' 23,40"	120,90	53,32	0,052	31586,33	282,410
WEA 05	GE 5.5-158	54° 3' 19,92"	10° 38' 2,08"	120,90	51,01	0,046	31857,04	281,297
WEA 06	GE 5.5-158	54° 3' 26,08"	10° 38' 38,57"	120,90	47,35	0,044	31242,89	281,870
WEA 07	GE 5.5-158	54° 3' 14,69"	10° 38' 27,34"	120,90	50,51	0,049	31375,30	281,166
WEA 08	GE 5.5-158	54° 3' 18,72"	10° 39' 0,88"	120,90	42,35	0,038	30800,17	281,606
WEA 09	GE 5.5-158	54° 3' 4,90"	10° 38' 9,35"	120,90	49,24	0,044	31642,20	280,516
WEA 10	GE 5.5-158	54° 3' 4,43"	10° 38' 44,04"	120,90	41,05	0,034	31018,53	280,695
WEA 11	GE 5.5-158	54° 2' 48,46"	10° 38' 37,69"	120,90	42,16	0,036	31047,89	279,760
WEA 12	GE 5.5-158	54° 2' 35,14"	10° 38' 22,97"	120,90	44,10	0,038	31248,26	278,935
<b>Rückbau</b>								
B_WEA 01	Tacke TW 600a	54° 4' 4,62"	10° 38' 10,77"	50,00	56,00	-0,074	31993,59	283,781
B_WEA 02	Vestas V42	54° 4' 1,06"	10° 38' 15,52"	53,00	58,00	-0,064	31884,06	283,625
B_WEA 03	Tacke TW 600a	54° 3' 58,86"	10° 38' 22,48"	50,00	54,00	-0,076	31745,38	283,558
B_WEA 04	EnronWind 1.5x	54° 3' 36,25"	10° 38' 4,70"	64,50	59,00	-0,042	31909,84	282,203
B_WEA 05	Vestas V42	54° 3' 22,32"	10° 38' 48,65"	53,00	47,00	-0,080	31040,17	281,728
B_WEA 06	Vestas V42	54° 3' 24,90"	10° 39' 1,13"	53,00	53,00	-0,068	30833,58	281,956
K_WEA 01	DeWind D6	54° 3' 4,33"	10° 38' 3,67"	68,50	52,00	-0,046	31740,91	280,452
K_WEA 02	DeWind D6	54° 2' 59,07"	10° 38' 14,73"	68,50	48,00	-0,052	31514,46	280,225
K_WEA 03	DeWind D6	54° 3' 14,37"	10° 38' 5,27"	68,50	50,00	-0,050	31767,97	281,013
K_WEA 04	DeWind D6	54° 3' 39,75"	10° 38' 25,69"	68,50	52,00	-0,045	31558,93	282,538
K_WEA 05	DeWind D6	54° 3' 11,55"	10° 38' 20,06"	68,50	51,00	-0,047	31487,38	280,947
K_WEA 06	DeWind D6	54° 2' 51,31"	10° 38' 37,80"	68,50	44,00	-0,057	31060,41	279,921
K_WEA 07	DeWind D6	54° 3' 2,81"	10° 38' 43,97"	68,50	43,00	-0,059	31010,80	280,604
K_WEA 08	DeWind D4	54° 3' 28,80"	10° 37' 58,74"	70,00	57,00	-0,036	31969,65	281,759
K_WEA 09	DeWind D6	54° 3' 22,01"	10° 38' 2,99"	68,50	54,00	-0,043	31853,15	281,416
K_WEA 10	DeWind D6	54° 3' 5,06"	10° 38' 31,03"	68,50	47,00	-0,053	31254,92	280,652
K_WEA 11	DeWind D6	54° 3' 22,22"	10° 38' 18,39"	68,50	53,00	-0,044	31579,34	281,525
<b>Bestand (im Genehmigungsverfahren)</b>								
WEA B1	Siemens SWT-3.2-113	54° 2' 28,66"	10° 36' 57,22"	135,00	52,00	0,065	32764,34	278,183

Tabelle 1: Koordinatenübersicht über die analysierte zulässige Aufstellung mit den geplanten Windenergieanlagen (grün), der Bestandsanlage (rot), sowie den zurückzubauenden Anlagen (magenta).

Die zu erwartende Reichweitenminderung durch die in Tabelle 1 genannten Planungsanlagen, in Verbindung mit der Bestandsanlage und der zurückzubauenden WEA, 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.

***Für die vorliegende Radaranlage in Elmenhorst, 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 WEA 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.

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. (FH) T. Bischoff liegt in der Durchführung der Simulationsverfahren nach festgelegten Prozessen.

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



Dr. -Ing. A. Frye; 17.12.2019

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für  
Hochfrequenz- und Signaturtechnik

## **4 Aufgabenbeschreibung**

Westlich des Radarstandortes Elmenhorst ist in durchschnittlich ca. 31,5 km Entfernung die Errichtung von zwölf Windenergieanlagen vom Typ GE 5.5-158 mit 120,9 m Nabenhöhe geplant. Eine weitere Windkraftanlage im Richtungsbezug, vom Typ Siemens SWT-3.2-113 mit 135 m Nabenhöhe befindet sich im Genehmigungsverfahren und wird daher als Bestand angenommen. 17 WEA verschiedener Typen und Nabenhöhen die sich im Gebiet der Planung befinden werden zurückgebaut.

### Geplante Anlagen:

Die geplanten WEA vom Typ GE 5.5-158 hat eine horizontale Ausdehnung der Naben- und Generator konstruktion von maximal ca. 20 m. Die Höhe kann mit ca. 4,5 m angegeben werden. Der Querschnitt der Standsäule als Stahlsäule oder Stahlbetonsäule am Anschluss zur Gondel ist mit ca. 3,5 m angegeben. Der Rotordurchmesser beträgt ca. 158 m. 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, dass 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 WEA erzeugten und zu erwartenden radarverschattungswirksamen Störeinflüsse und daraus folgenden Reichweitenminderungen zu erarbeiten und – soweit erforderlich – Maßnahmen zu deren Beseitigung und deren Wirksamkeit aufzuzeigen.

## 5 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.

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. 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 von Windenergieanlagen auf die Erfassungen von Flugzielen am Beispiel der 3-D-Radaranlage Auenhausen zur Luftverteidigung aus 2011
23. Sonderversuchung zum Einfluss von entfernten WEA auf die Erfassung von Flugzielen am Beispiel der LV-Radaranlage des Einsatzführungsdienstes der Luftwaffe Auenhausen, Bericht Januar 2013

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

## **6 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 Mindestelevationswinkel (Höhenwinkel) von  $+0,01^\circ \dots -0,01^\circ$  und  $-0,09^\circ \dots -0,11^\circ$  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 einem 35 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 35 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 Polarisierung ausgewiesen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt durch als Farbflächen gekennzeichnete Feldstärkeverteilungen sowie durch 3D-Konturdarstellungen, die die räumliche Ausdehnung des Streufeldes in der direkten Umgebung der streuenden Struktur der Windenergieanlage deutlich machen.

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

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

Für die aktuelle Untersuchung zu diesem Projekt werden die Distanzen zum Radar und die Anordnungen der Windenergieanlagen mittels einer präzisen Berechnungsmethodik bestimmt, welches die Geodäten auf Basis des Referenzellipsoids WGS84 berechnet und eine detaillierte Geländeoberfläche zwischen dem Radar und den Windenergieanlagen berücksichtigt. Die Abweichungen betragen bei diesem Verfahren für die untersuchten Entfernungen nur noch wenige Dezimeter. Bei diesem Verfahren wird ebenfalls der Einfluss durch die sich ergebende Erdkrümmung mit berücksichtigt.

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

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

## 7 Technische Analyse

Die nachstehenden Untersuchungen zur Beurteilung des Einflusses von WEA 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.

- **Anordnung A1** der geplanten Situation gemäß Tabelle 2. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 31,7 km zur Radaranlage Elmenhorst durchgeführt.

A1				
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
WEA B1	Siemens SWT-3.2-113	135	32764,34	0
WEA 12	GE 5.5-158	120,9	31248,26	0,7519
WEA 11	GE 5.5-158	120,9	31047,89	0,8251
			<u>31686,83</u>	

Tabelle 2: Teilanordnung der geplanten Situation (A1).

- **Anordnung A2** der geplanten Situation gemäß Tabelle 3. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 31,3 km zur Radaranlage Elmenhorst durchgeführt.

A2				
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
WEA 11	GE 5.5-158	120,9	31047,89	0
WEA 09	GE 5.5-158	120,9	31642,2	0,756
WEA 10	GE 5.5-158	120,9	31018,53	0,1787
WEA 07	GE 5.5-158	120,9	31375,3	0,4706
WEA 05	GE 5.5-158	120,9	31857,04	0,1311
WEA 08	GE 5.5-158	120,9	30800,17	0,3091
WEA 06	GE 5.5-158	120,9	31242,89	0,2643
			<u>31283,43</u>	

Tabelle 3: Teilanordnung der geplanten Situation (A2).

- **Anordnung A3** der geplanten Situation gemäß Tabelle 4. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 31,7 km zur Radaranlage Elmenhorst durchgeführt.

<b>A3</b>				
<b>WEAs</b>	<b>Anlage</b>	<b>NH [m]</b>	<b>Entfernung [m]</b>	<b>Winkeldiff. [°]</b>
WEA 07	GE 5.5-158	120,9	31375,3	0
WEA 05	GE 5.5-158	120,9	31857,04	0,1311
WEA 08	GE 5.5-158	120,9	30800,17	0,3091
WEA 06	GE 5.5-158	120,9	31242,89	0,2643
WEA 03	GE 5.5-158	120,9	32064,27	0,1929
WEA 04	GE 5.5-158	120,9	31586,33	0,3466
WEA 01	GE 5.5-158	120,9	32403,34	0,2693
WEA 02	GE 5.5-158	120,9	31891,79	0,3614
			<u>31652,64</u>	

Tabelle 4: Teilanordnung der geplanten Situation (A3).

Die Abbildung 4 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.

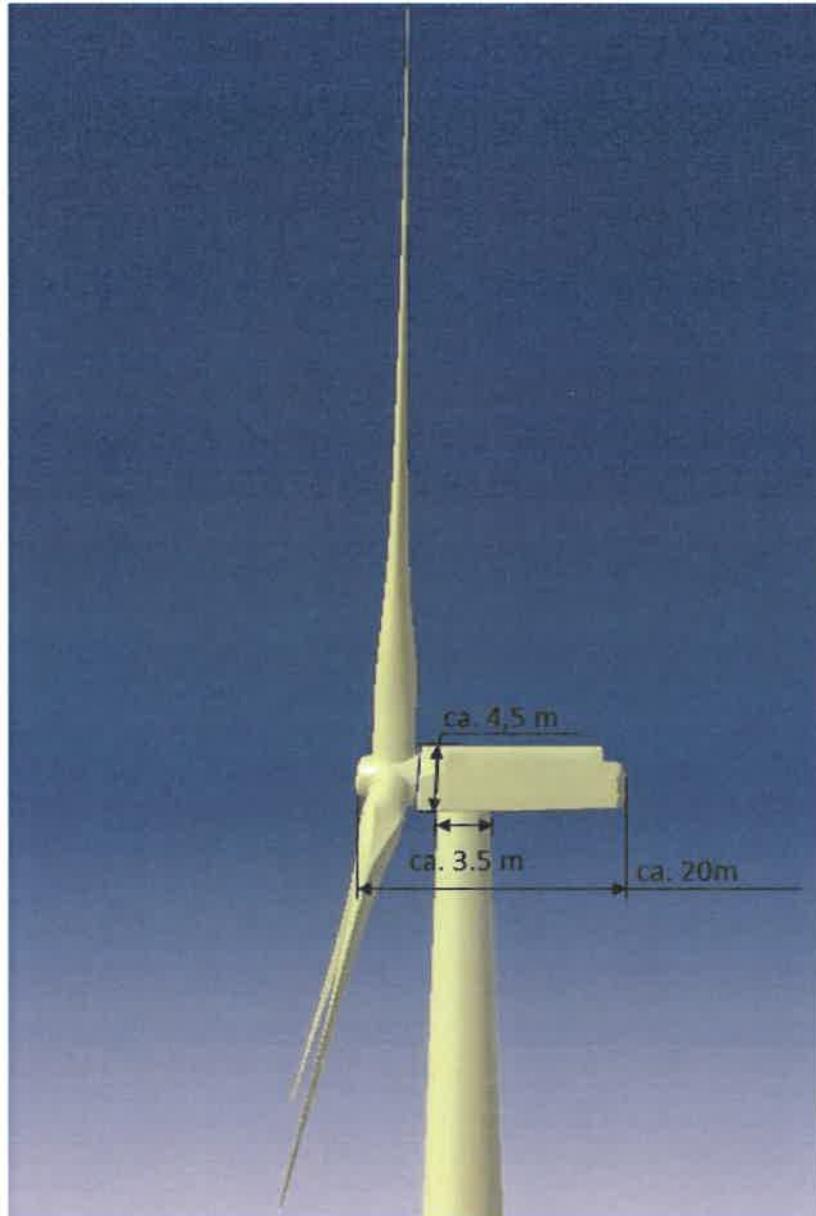


Abbildung 4: Schematische Objektgeometrie für die geplante WEA-Bauform GE 5.5-158 mit ca. 158 m Rotor.

Abbildung 5 zeigt eine Luftaufnahme der nördlichen berücksichtigten geplanten, Windkraftanlagen, sowie dem nördlichen Anteil der zurückzubauenden WEA im Windpark bezüglich der Radaranlage Elmenhorst. Die Abbildung 6 den südlichen Anteil der Planung und des Rückbaus.

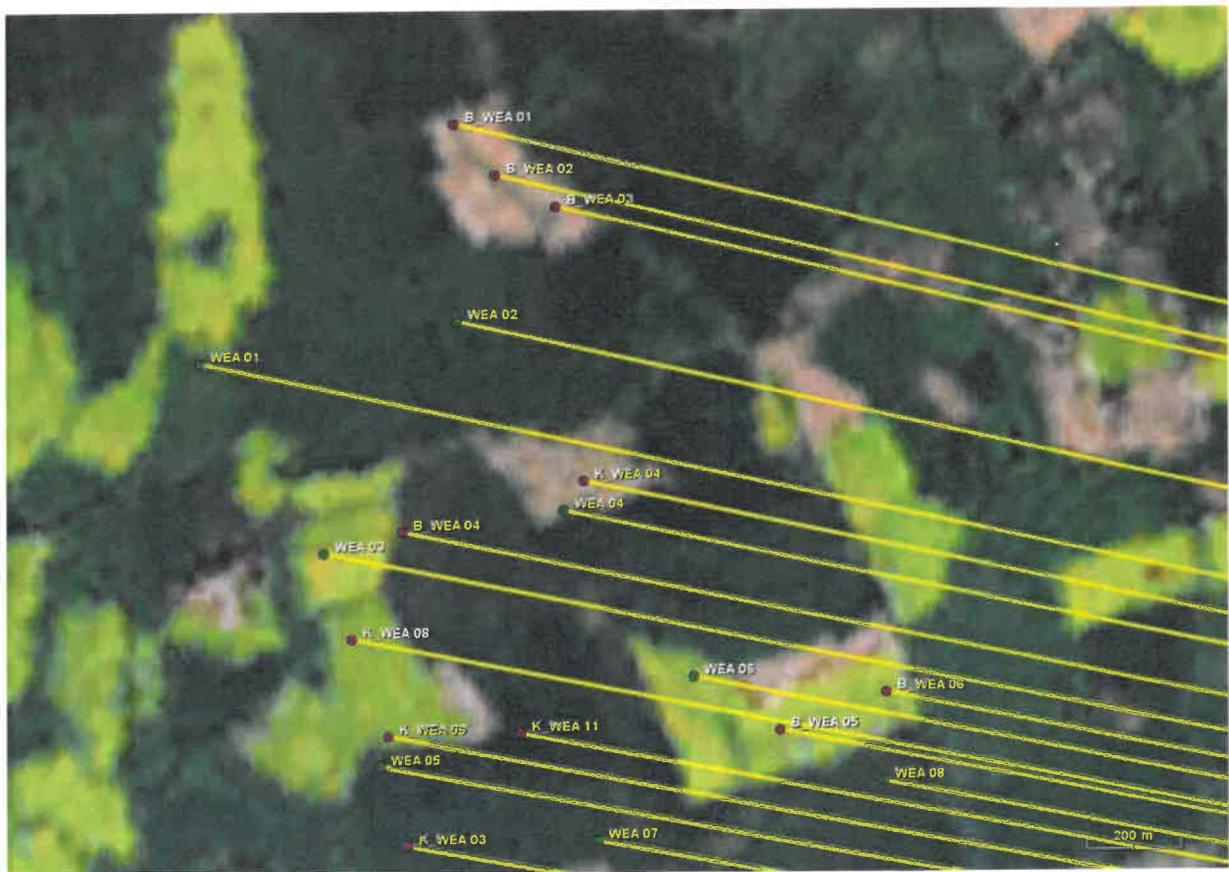


Abbildung 5: Detailübersicht (Nord) über den Windpark Kesdorf-Süsel mit dem nördlichen Anteil der geplanten Windenergieanlagen (grün) und dem nördlichen Anteil der zurückzubauenden Anlagen (magenta). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Elmenhorst sind gelb dargestellt.

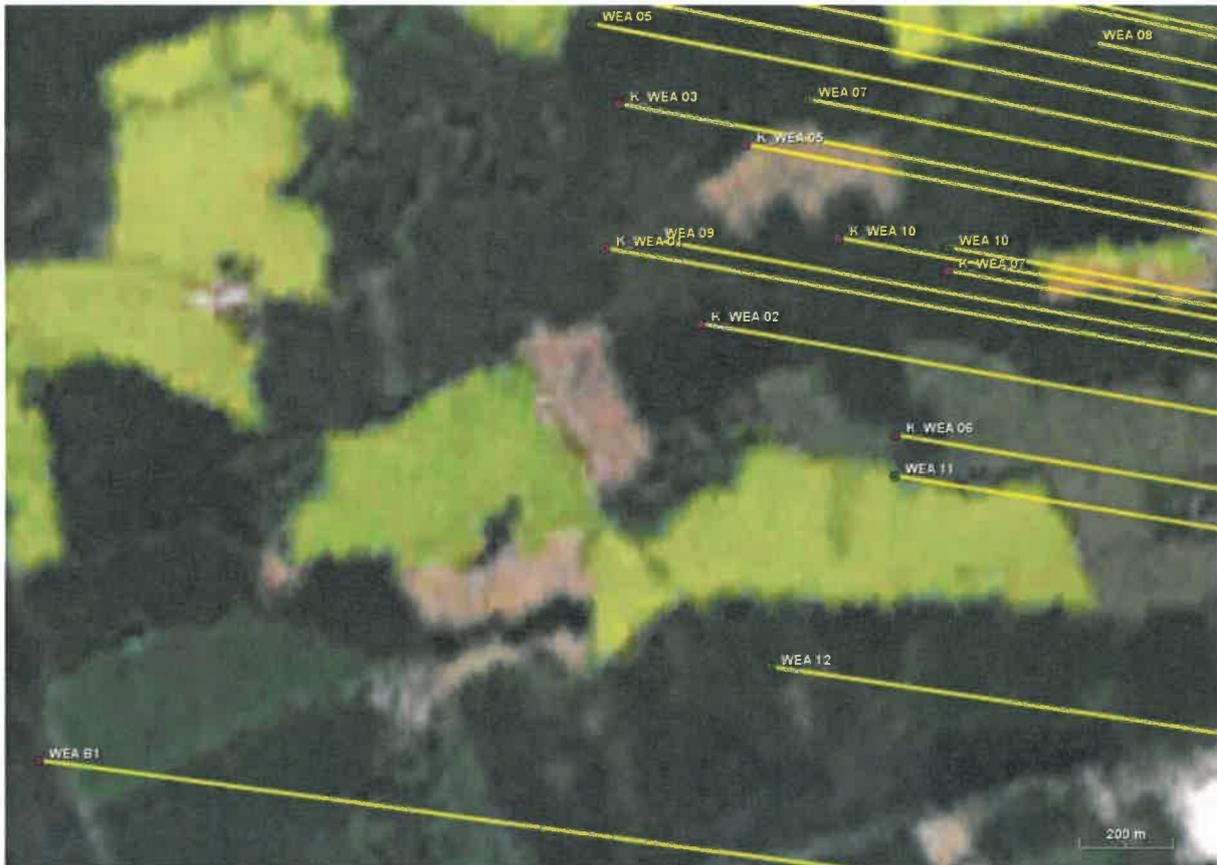


Abbildung 6: Detailübersicht (Süd) über den Windpark Kesdorf-Süsel mit dem südlichen Anteil der geplanten Windenergieanlagen (grün) und dem südlichen Anteil der zurückzubauenen Anlagen (magenta) , sowie der als Bestand angenommenen Anlage (rot). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Elmenhorst sind gelb dargestellt.

## 7.1 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 7 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 9 sind die Grundlage für die Untersuchungen. Die analysierten Ergebnisse aus dem Kapitel 7.1 und 7.2 sind gültig für Elevationswinkel von  $+0,01^\circ \dots -0,01^\circ$  sowie  $-0,09^\circ \dots -0,11^\circ$  sowie oberhalb.

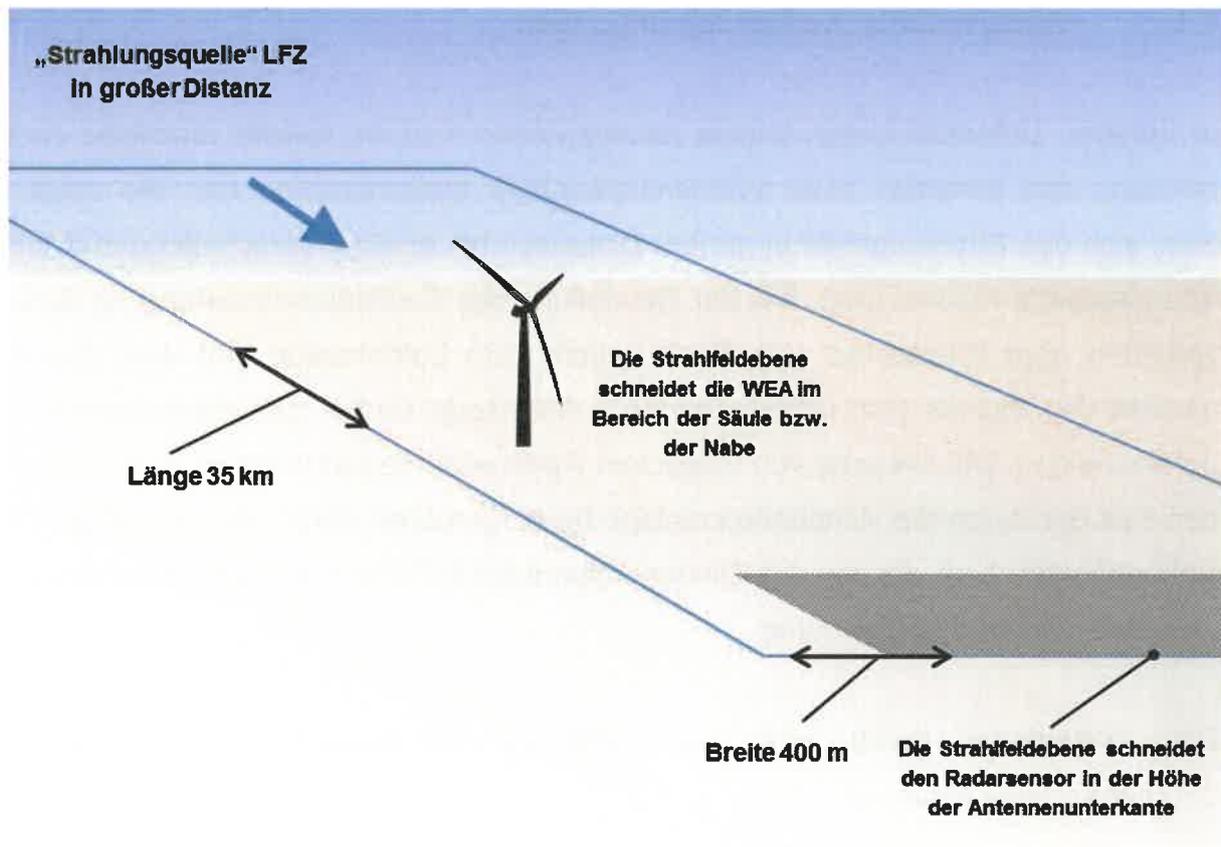


Abbildung 7: Anordnung von Radar und WEA sowie Lage des in dieser Untersuchung dargestellten Luftraums mit einer Ausdehnung von (hier) 35 km x 400 m Breite. Das LFZ wird in einer Distanz von bis zu 130 NM angenommen.  
– schematische Darstellung –

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

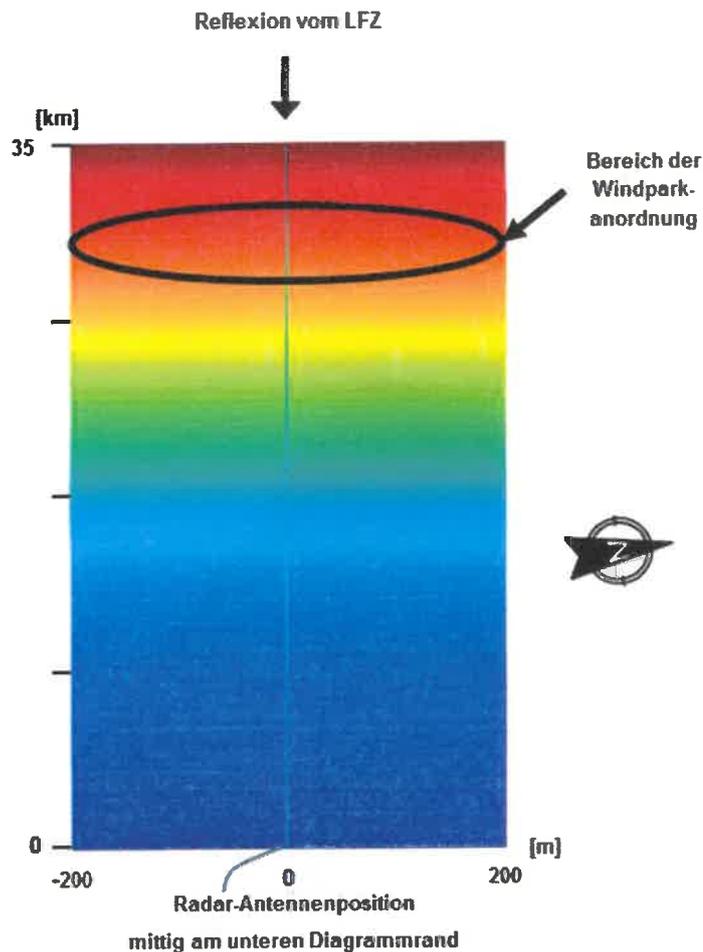


Abbildung 8: Feldgebiet von 35 km x 400 m in der Übersicht (schematische Übersicht für das Radar Elmenhorst)

Das Untersuchungsgebiet ist in der Übersicht dargestellt. Der Feldstärkeverlauf ist farblich in verschiedenen Abstufungen angegeben. Der Ort der geplanten Windenergieanlagen wurde in Abbildung 8 schematisch in der geplanten Distanz zu den Radarsystemen als schwarze Ellipse gekennzeichnet. Die gemittelte Distanz der geplanten zukünftigen WEA-Anordnung zum Radar Elmenhorst liegt bei ca. 31,5 km.

Die Abbildung 9 gibt die Strahlungsfeldverteilungen als Referenz im Fall ohne Windenergieanlagen zum Vergleich für die Frequenz von ca. 1,3 GHz wieder. Die Werte sind normiert und dienen einer vergleichenden Betrachtung am Ort der Empfangsantenne als Referenzwert.

Bei der Betriebsfrequenz der Radaranlage in Elmenhorst gilt für den Fall ohne WEA der Referenzwert von:

**-13,919 dBV/m (normierte Empfangsfeldstärke)**

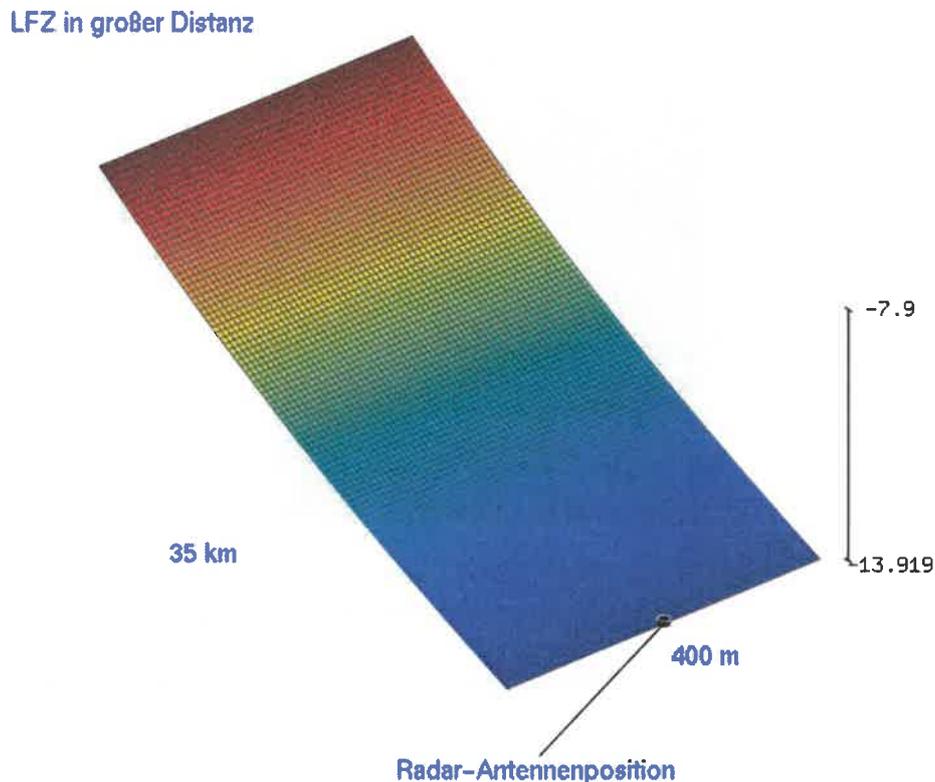


Abbildung 9: Das dargestellte Raumgebiet mit einer Elevation von  $0,0^\circ$  ohne WEA-Einfluss in der Konturdarstellung für die Betriebsfrequenz des Radars Elmenhorst.

Die nachfolgenden Untersuchungsergebnisse gemäß dem Kapitel 7.2 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.

## 7.2 Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen

Die Nachbildung der geplanten Windenergieanlagen vom Typ GE 5.5-158 erfolgt gemäß der Abbildung 4. Die Strahlungsfeldanalyse erfolgt für die vorgenannten Anlagentypen und Standortkombinationen.

Abbildung 10 bis Abbildung 12 gibt für die Betriebsfrequenz der militärischen Radaranlage Elmenhorst die Ergebnisse der **künftigen Situation** als Anordnung mit den geplanten Windenergieanlagen für Elevationswinkel von  $+0,01^\circ \dots -0,01^\circ$  als Teilanordnungen wieder. Abbildung 13 bis Abbildung 15 für einen Elevationswinkel von  $-0,09^\circ \dots -0,11^\circ$ .

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.

**Anordnung A1** der geplanten Situation gemäß Tabelle 2 bei einem Elevationswinkel von  $+0,01^\circ \dots -0,01^\circ$ . Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 31,7 km zur Radaranlage Elmenhorst durchgeführt.

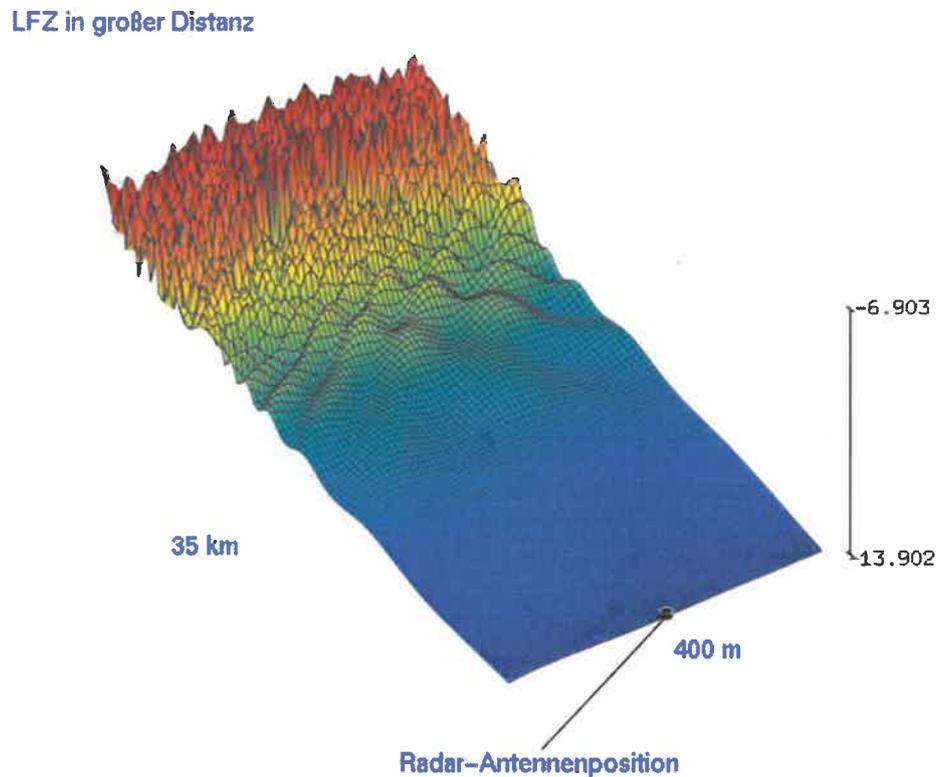


Abbildung 10: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Windenergieanlagen im Einflussbereich der Radaranlage Elmenhorst.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 10 mit  $-13,902$  dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

**99,9 %.**

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

**Anordnung A2** der geplanten Situation gemäß Tabelle 3 bei einem Elevationswinkel von  $+0,01^\circ \dots -0,01^\circ$ . Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 31,3 km zur Radaranlage Elmenhorst durchgeführt.

LFZ in großer Distanz

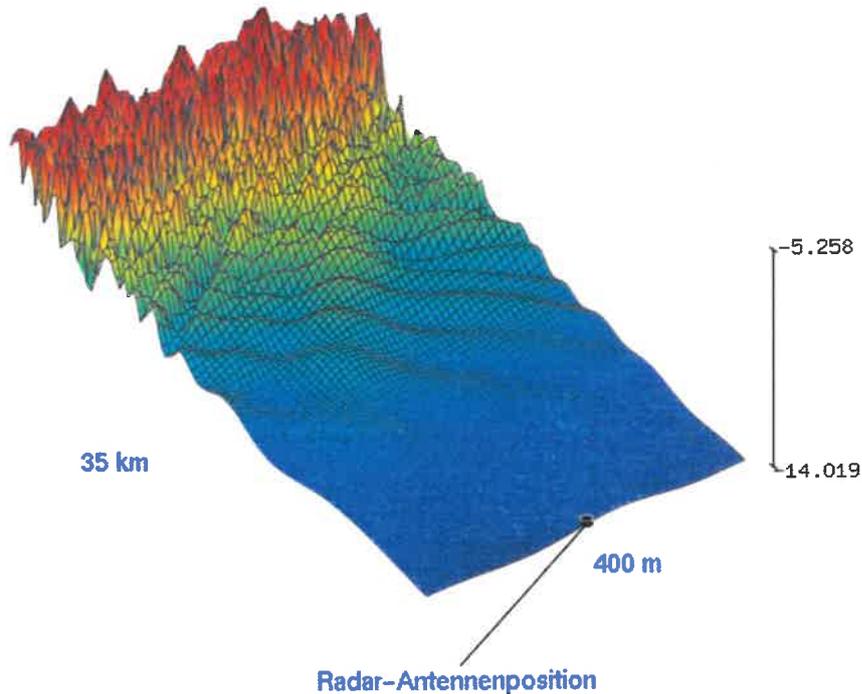


Abbildung 11: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Windenergieanlagen im Einflussbereich der Radaranlage Elmenhorst.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 11 mit  $-14,019$  dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

**98,86 %.**

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

**Anordnung A3** der geplanten Situation gemäß Tabelle 4 bei einem Elevationswinkel von  $+0,01^\circ \dots -0,01^\circ$ . Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 31,7 km zur Radaranlage Elmenhorst durchgeführt.

LFZ in großer Distanz

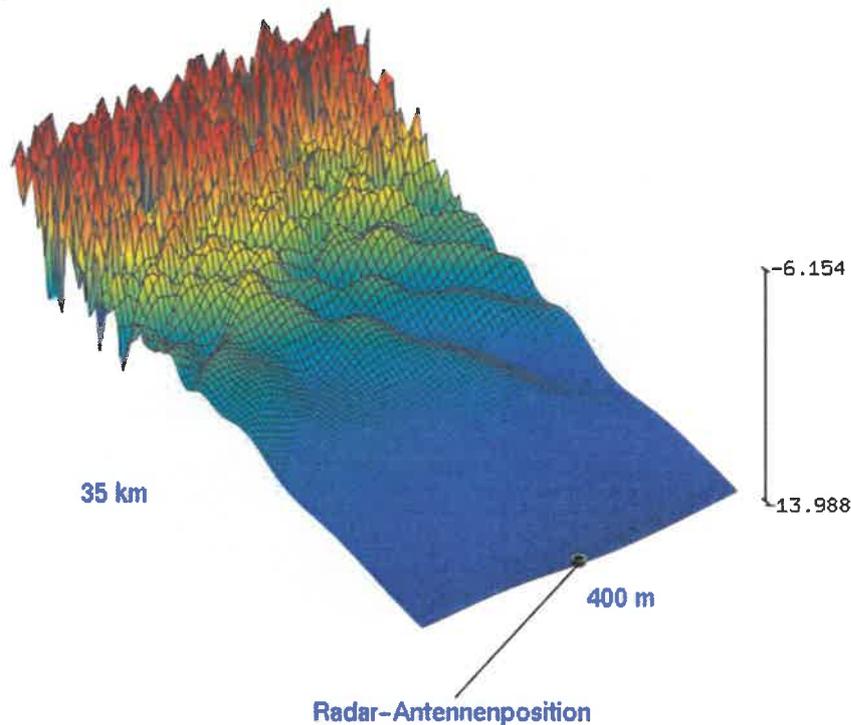


Abbildung 12: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Windenergieanlagen im Einflussbereich der Radaranlage Elmenhorst.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 12 mit  $-13,988$  dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

**99,21 %.**

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

**Anordnung A1** der geplanten Situation gemäß Tabelle 2 bei einem Elevationswinkel von  $-0,09^\circ \dots -0,11^\circ$ . Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 31,7 km zur Radaranlage Elmenhorst durchgeführt.

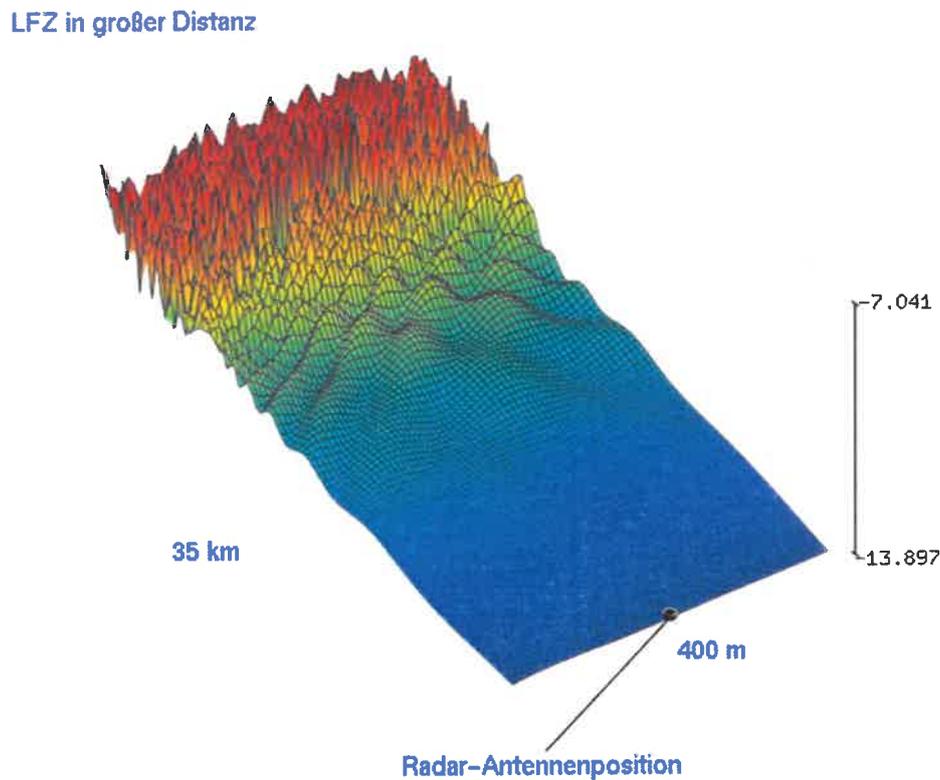


Abbildung 13: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Windenergieanlagen im Einflussbereich der Radaranlage Elmenhorst.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 13 mit  $-13,897$  dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

**99,9 %.**

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

**Anordnung A2** der geplanten Situation gemäß Tabelle 3 bei einem Elevationswinkel von  $-0,09^\circ \dots -0,11^\circ$ . Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 31,3 km zur Radaranlage Elmenhorst durchgeführt.

LFZ in großer Distanz

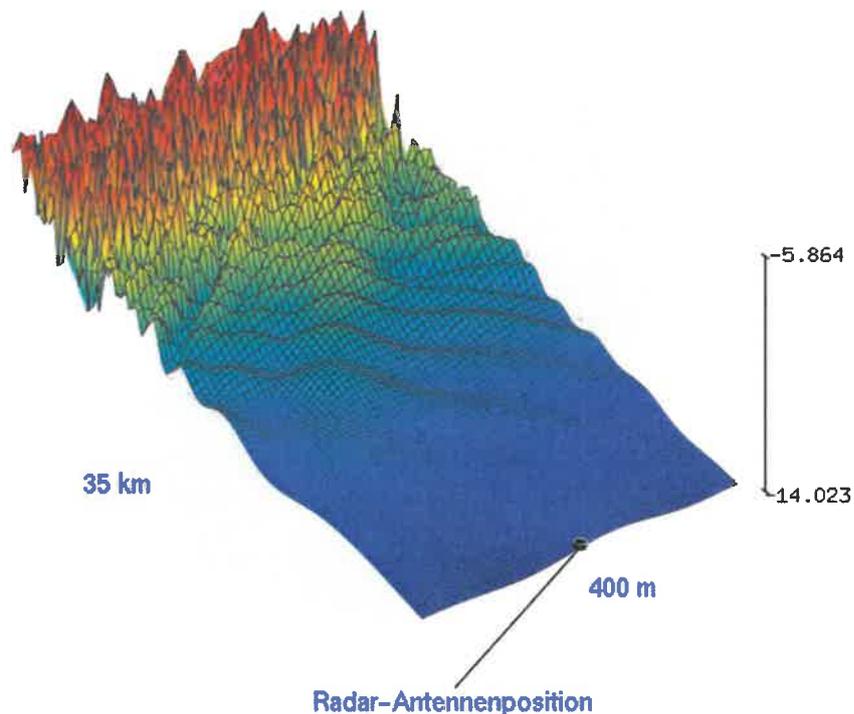


Abbildung 14: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Windenergieanlagen im Einflussbereich der Radaranlage Elmenhorst.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 14 mit  $-14,023$  dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

**98,81 %.**

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

**Anordnung A3** der geplanten Situation gemäß Tabelle 4 bei einem Elevationswinkel von  $-0,09^\circ \dots -0,11^\circ$ . Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 31,7 km zur Radaranlage Elmenhorst durchgeführt.

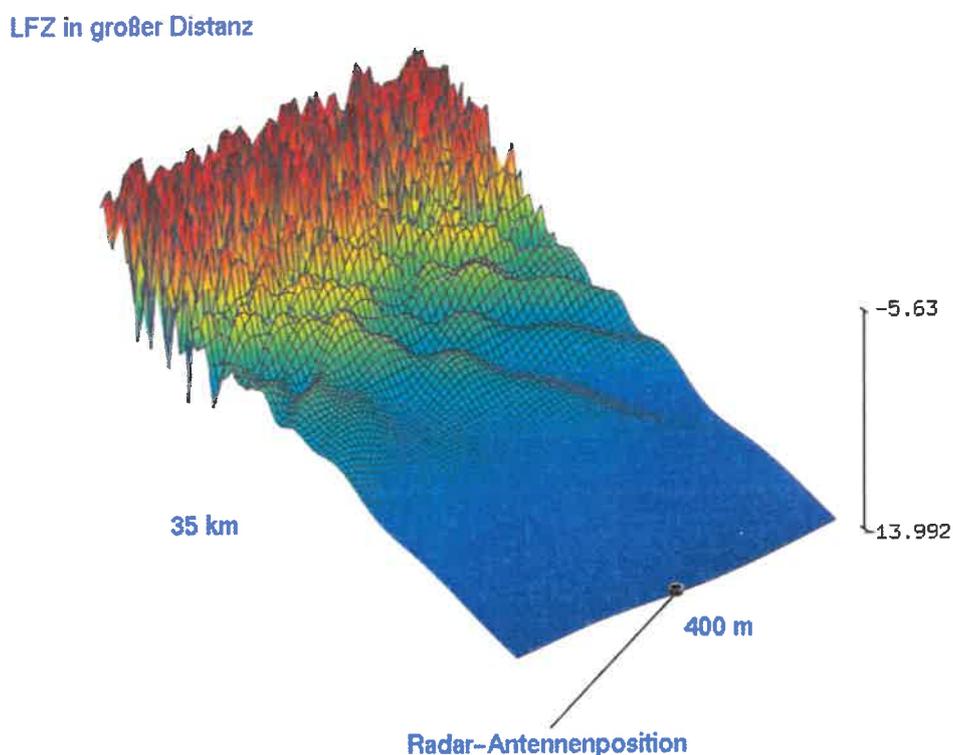


Abbildung 15: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Windenergieanlagen im Einflussbereich der Radaranlage Elmenhorst.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 15 mit  $-13,992$  dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

**99,16 %.**

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

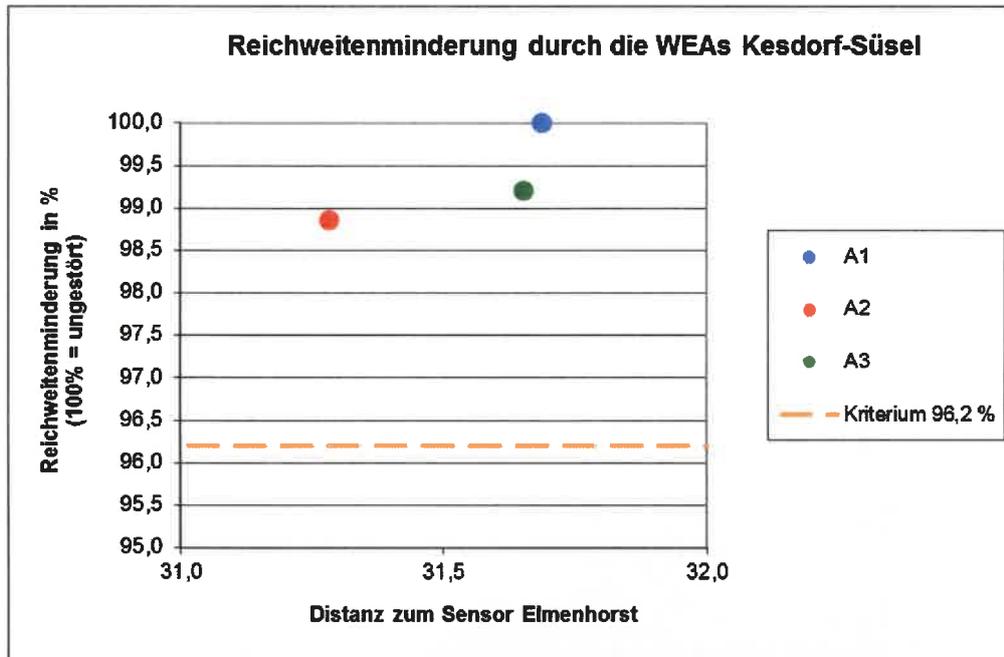


Abbildung 16: Übersicht über die zu erwartende Reichweitenreduktion bei den angegebenen WEA-Konstellationen für die Elevation -0,01° .. +0,01°.

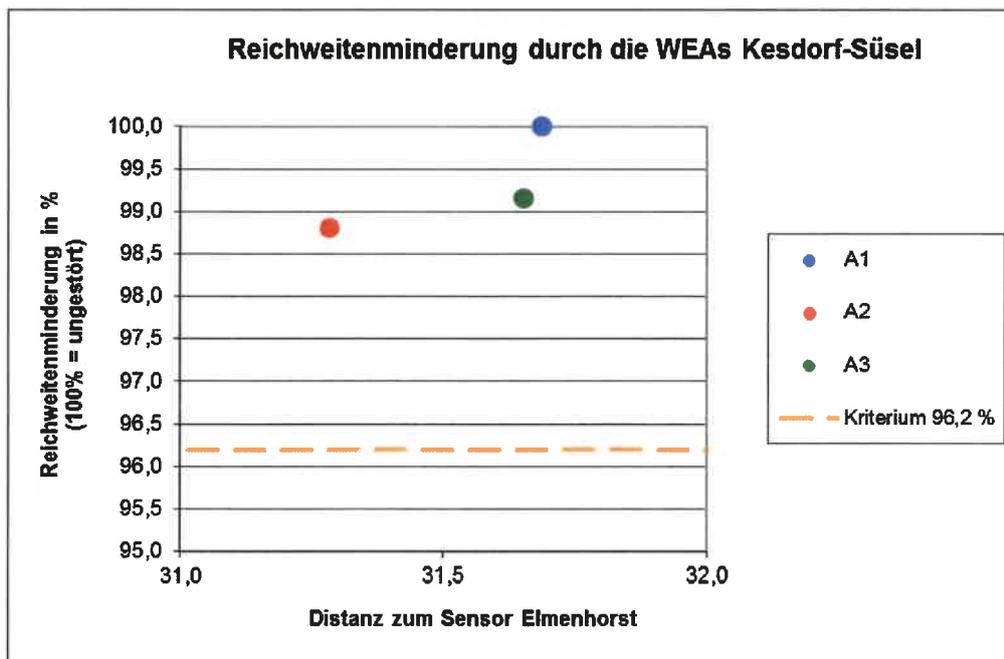


Abbildung 17: Übersicht über die zu erwartende Reichweitenreduktion bei den angegebenen WEA-Konstellationen für die Elevation -0,09° .. -0,11°.

## **Beurteilung:**

In den Untersuchungen wurden die geplanten WEA in Kesdorf-Süsel als künftige Situation analysiert.

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

Die nachstehende Abbildung 18 gibt die Perspektive der vorhandenen, geplanten und zurückzubauenden Windenergieanlagen über Azimut und Elevation bzgl. der Gondelpositionen für das Radar Elmenhorst wieder. Die Bereiche der untersuchten Anordnungen sind farbig hinterlegt.

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

In Abbildung 18 ist die Perspektive der untersuchten Teilausschnitte des Windparks über Azimut und Elevation bzgl. der Gondelpositionen für das Radar Elmenhorst dargestellt. Die Teilanordnungen mit den stärksten Verdichtungen für die Planungsanlagen sind in den Abbildungen durch farbige Flächen gekennzeichnet. Die jeweiligen LFZ-Positionen im Azimut sind für die Teilanordnungen schematisch gekennzeichnet.

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

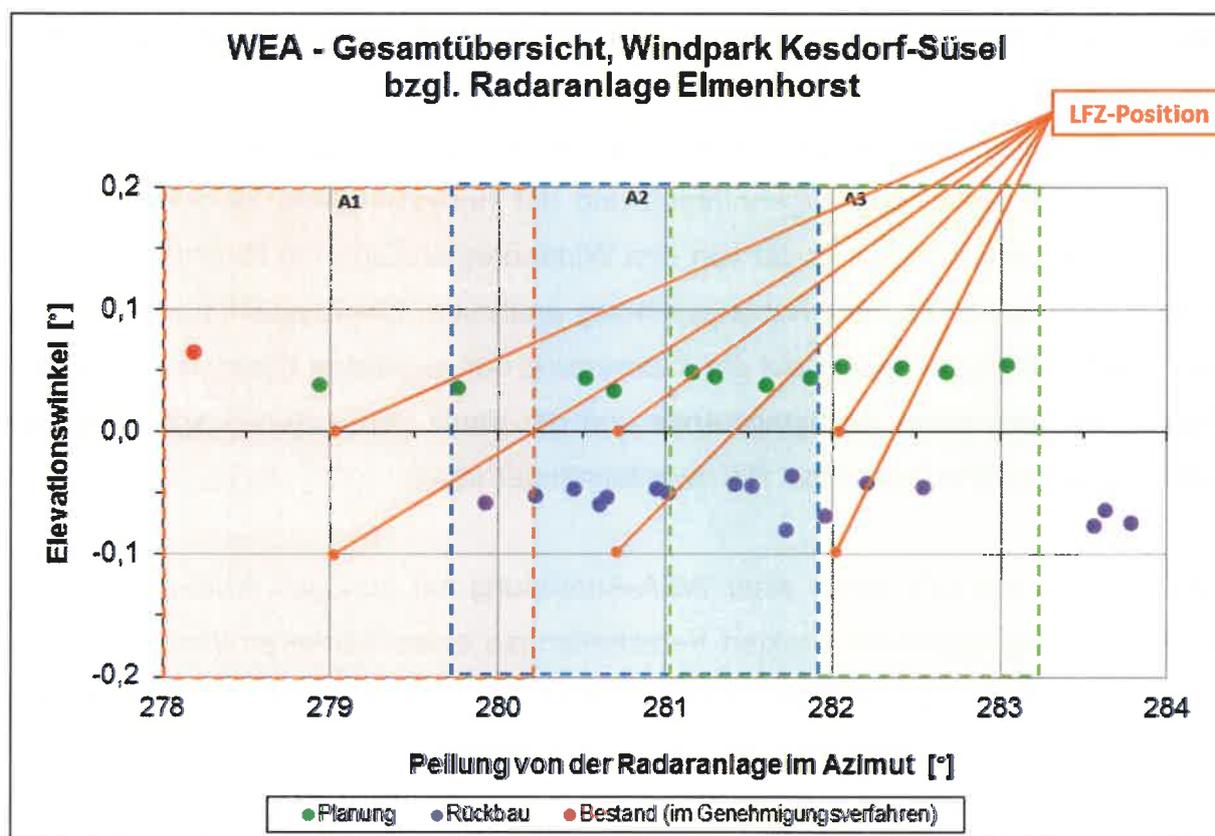


Abbildung 18: Perspektive zur Gondelanordnung gemäß Azimut und Elevation für die Position des Radars Elmenhorst. Die Bereiche der analysierten Teilrichtungen A1 bis A3 sind farbige gekennzeichnet.

### **7.3 Bewertung des Gesamteinflusses des Windparks**

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

Die Ergebnisse gemäß dem Kapitel 7.2 zeigen für die geplanten Windenergieanlagen für die untersuchten Anordnungen keine Verschattungserscheinungen, die das Reichweitenkriterium von 96,2 % verletzen.

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

Abbildung 19 und Abbildung 20 zeigen eine Luftbildaufnahme des Windparkgebietes als Detailansicht der grün gekennzeichneten geplanten radartechnisch zulässigen WEA-Standorte in Verbindung mit der rot dargestellten Bestandsanlage und den magenta dargestellten zurückzubauenden WEA. Die Koordinaten der vorhandenen, geplanten, sowie zurückzubauenden WEA, die jeweiligen Entfernungen und die Elevation und Azimutwinkelbezüge zum Radar Elmenhorst sind der Tabelle 5 zu entnehmen.

Die Abbildung 21 zeigt eine Übersicht zur Anordnung bzgl. der Elevation und Azimut der WEA-Gondeln bzgl. der militärischen Radaranlage Elmenhorst.

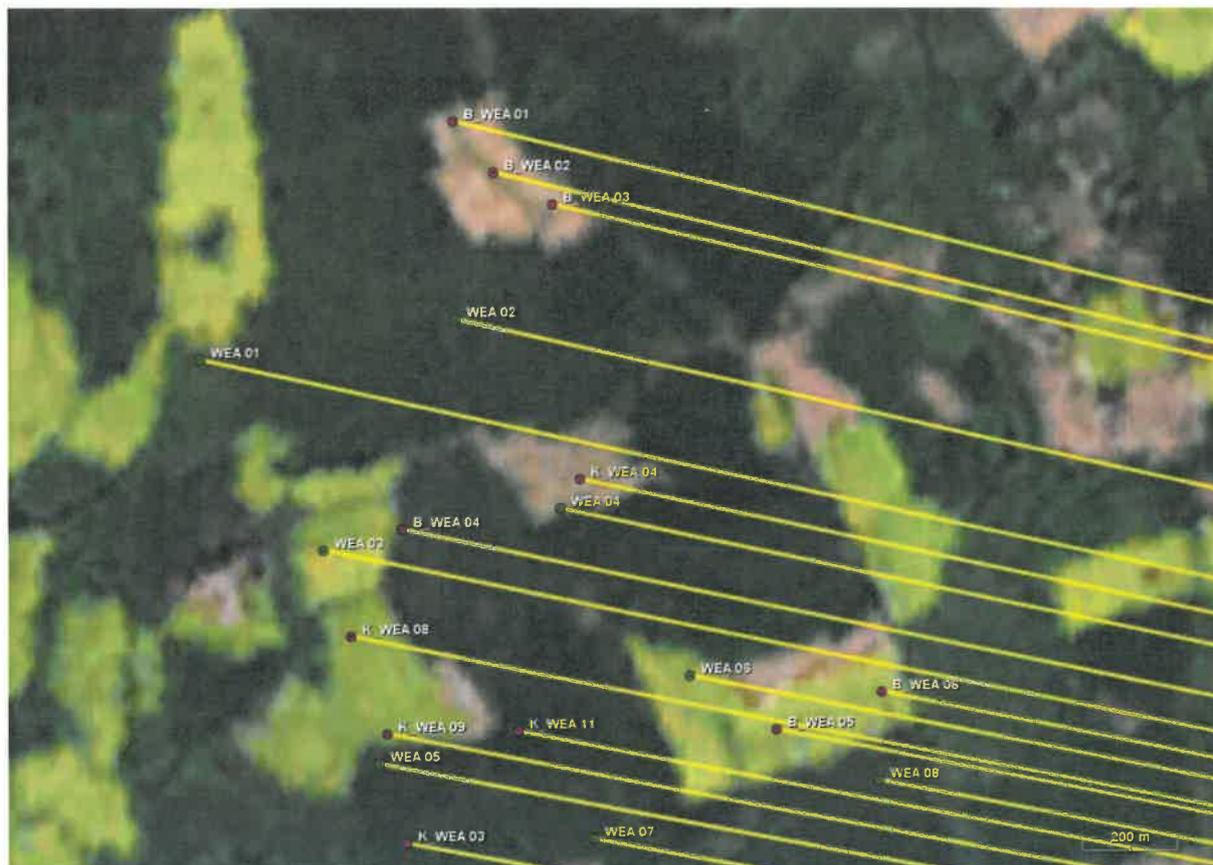


Abbildung 19: Detailübersicht (Nord) über den Windpark Kesdorf-Süsel mit dem nördlichen Anteil der geplanten Windenergieanlagen (grün) und dem nördlichen Anteil der zurückzubauenden Anlagen (magenta). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Elmenhorst sind gelb dargestellt.

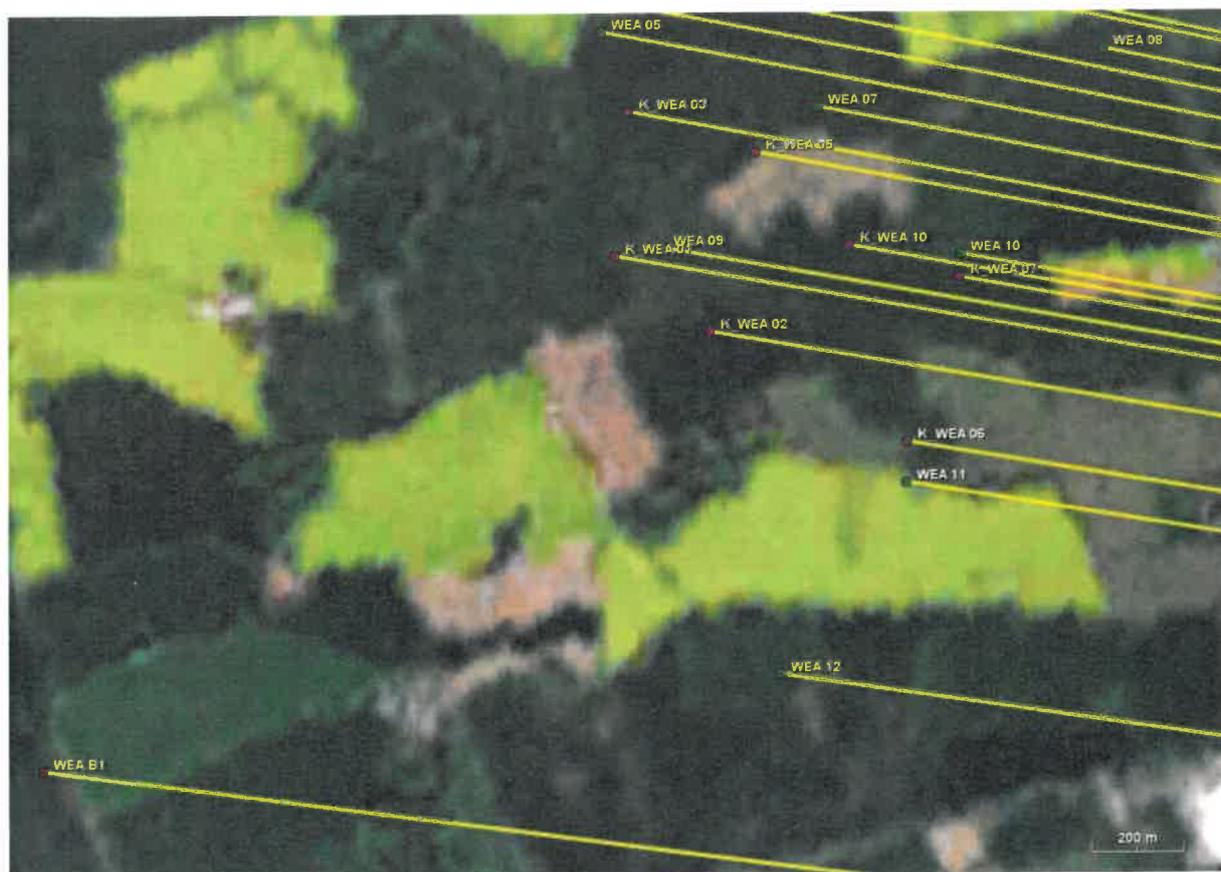


Abbildung 20: Detailübersicht (Süd) über den Windpark Kesdorf-Süsel mit dem südlichen Anteil der geplanten Windenergieanlagen (grün) und dem südlichen Anteil der zurückzubauenen Anlagen (magenta) , sowie der als Bestand angenommenen Anlage (rot). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Elmenhorst sind gelb dargestellt.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Geländehöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
<b>Planung</b>								
WEA 01	GE 5.5-158	54° 3' 48,03"	10° 37' 41,23"	120,90	54,99	0,048	32403,34	282,679
WEA 02	GE 5.5-158	54° 3' 50,86"	10° 38' 11,10"	120,90	56,14	0,055	31891,79	283,040
WEA 03	GE 5.5-158	54° 3' 34,79"	10° 37' 55,51"	120,90	56,09	0,053	32064,27	282,063
WEA 04	GE 5.5-158	54° 3' 37,71"	10° 38' 23,40"	120,90	53,32	0,052	31586,33	282,410
WEA 05	GE 5.5-158	54° 3' 19,92"	10° 38' 2,08"	120,90	51,01	0,046	31857,04	281,297
WEA 06	GE 5.5-158	54° 3' 26,08"	10° 38' 38,57"	120,90	47,35	0,044	31242,89	281,870
WEA 07	GE 5.5-158	54° 3' 14,69"	10° 38' 27,34"	120,90	50,51	0,049	31375,30	281,166
WEA 08	GE 5.5-158	54° 3' 18,72"	10° 38' 0,88"	120,90	42,35	0,038	30800,17	281,606
WEA 09	GE 5.5-158	54° 3' 4,90"	10° 38' 9,35"	120,90	49,24	0,044	31642,20	280,516
WEA 10	GE 5.5-158	54° 3' 4,43"	10° 38' 44,04"	120,90	41,05	0,034	31018,53	280,695
WEA 11	GE 5.5-158	54° 2' 48,46"	10° 38' 37,69"	120,90	42,16	0,036	31047,89	279,760
WEA 12	GE 5.5-158	54° 2' 35,14"	10° 38' 22,97"	120,90	44,10	0,038	31248,26	278,935
<b>Rückbau</b>								
B_WEA 01	Tacke TW 600a	54° 4' 4,62"	10° 38' 10,77"	50,00	56,00	-0,074	31993,59	283,781
B_WEA 02	Vestas V42	54° 4' 1,06"	10° 38' 15,52"	53,00	58,00	-0,064	31884,06	283,625
B_WEA 03	Tacke TW 600a	54° 3' 58,86"	10° 38' 22,48"	50,00	54,00	-0,076	31745,38	283,558
B_WEA 04	EnronWind 1.5x	54° 3' 36,25"	10° 38' 4,70"	64,50	59,00	-0,042	31909,84	282,203
B_WEA 05	Vestas V42	54° 3' 22,32"	10° 38' 48,65"	53,00	47,00	-0,080	31040,17	281,728
B_WEA 06	Vestas V42	54° 3' 24,90"	10° 39' 1,13"	53,00	53,00	-0,068	30833,58	281,956
K_WEA 01	DeWind D6	54° 3' 4,33"	10° 38' 3,67"	68,50	52,00	-0,046	31740,91	280,452
K_WEA 02	DeWind D6	54° 2' 59,07"	10° 38' 14,73"	68,50	48,00	-0,052	31514,46	280,225
K_WEA 03	DeWind D6	54° 3' 14,37"	10° 38' 5,27"	68,50	50,00	-0,050	31767,97	281,013
K_WEA 04	DeWind D6	54° 3' 39,75"	10° 38' 25,69"	68,50	52,00	-0,045	31558,93	282,538
K_WEA 05	DeWind D6	54° 3' 11,55"	10° 38' 20,06"	68,50	51,00	-0,047	31487,38	280,947
K_WEA 06	DeWind D6	54° 2' 51,31"	10° 38' 37,80"	68,50	44,00	-0,057	31060,41	279,921
K_WEA 07	DeWind D6	54° 3' 2,81"	10° 38' 43,97"	68,50	43,00	-0,059	31010,80	280,604
K_WEA 08	DeWind D4	54° 3' 28,80"	10° 37' 58,74"	70,00	57,00	-0,036	31969,65	281,759
K_WEA 09	DeWind D6	54° 3' 22,01"	10° 38' 2,99"	68,50	54,00	-0,043	31853,15	281,416
K_WEA 10	DeWind D6	54° 3' 5,06"	10° 38' 31,03"	68,50	47,00	-0,053	31254,92	280,652
K_WEA 11	DeWind D6	54° 3' 22,22"	10° 38' 18,39"	68,50	53,00	-0,044	31579,34	281,525
<b>Bestand (im Genehmigungsverfahren)</b>								
WEA B1	Siemens SWT-3.2-113	54° 2' 28,66"	10° 36' 57,22"	135,00	52,00	0,065	32764,34	278,183

Tabelle 5: Koordinatenübersicht über die analysierte zulässige Aufstellung mit den geplanten Windenergieanlagen (grün), der Bestandsanlage (rot), sowie den zurückzubauenden Anlagen (magenta).

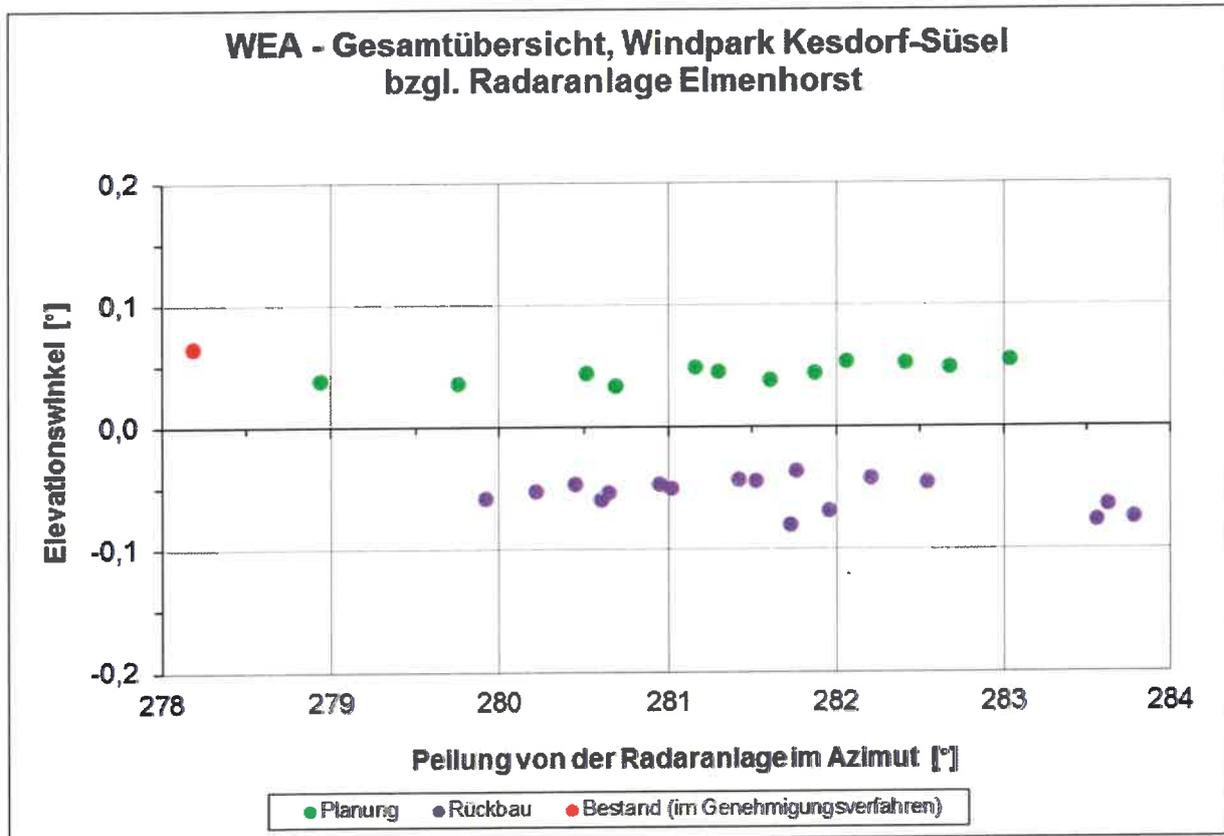


Abbildung 21: Perspektive zur Gondelanordnung gemäß Azimut und Elevation für die Position des Radars Elmenhorst.

## 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	
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 %.	
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)
UTD	=	Uniform Theorie of Diffraction: Analyseverfahren zur Hochfrequenzausbreitung	
WEA	=	Windenergieanlage(n)	