

Signaturtechnisches Gutachten
zum Windpark Pülfringen
im Einflussbereich der
militärischen Radaranlage Lauda

28.01.2019

Gutachten Nr.: TEATE-445/18

(technischer Abschluss)

Auftraggeber:

EWE ERNEUERBARE ENERGIEN GmbH

Donnerschweer Str. 22-26

D-26123 Oldenburg

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



Ausfertigung Nr.: - pdf -

Das Gutachten besteht aus den Seiten 1 bis 41 mit dem Anhang A.

Inhaltsverzeichnis:

1	Vorbemerkung	3
2	Zielsetzung	3
3	Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse	7
4	Aufgabenbeschreibung	13
5	Referenzuntersuchung.....	14
6	Untersuchungsverfahren.....	17
7	Technische Analyse	20
7.1	Radartechnische Randbedingungen.....	25
7.2	Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen.....	29
7.3	Bewertung des Gesamteinflusses des Windparks	37
	Anhang A: Abkürzungen.....	41

1 Vorbemerkung

Das vorliegende Gutachten fasst die Erkenntnisse und den technischen Stand der fachlichen Abstimmung mit den Entscheidungsträgern der militärischen Flugsicherung bzw. der Luftwaffe im Luftfahrtamt der Bundeswehr 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) Lauda, einem Groundmaster 406, gemäß Kapitel 4 bis 7.

2 Zielsetzung

Die Analyse eines möglichen Störpotentials gegenüber dem Luftverteidigungsradarsystem in Lauda erfolgt für insgesamt drei geplante Windenergieanlagen im Windpark Pülfringen unter Berücksichtigung des benachbarten Bestandes. Die geplanten Windkraftanlagen im Windpark Pülfringen befinden sich westnordwestlich des Radarstandortes Lauda in einer Entfernung von durchschnittlich ca. 21,6 km. Im Rahmen der aktuellen Planung zu diesem Projekt erfolgt eine Bewertung anhand der geplanten sowie vorhandenen WEA im Hinblick auf die Störfreiheit gemäß den Forderungen zur Vermeidung von radarwirksamen Verschattungserscheinungen, die im Schwerpunkt für 3-D-Radarsysteme relevant sind.

Datengrundlage für die untersuchten Windkraftanlagen sind hierbei aktuelle Informationen aus Luftbildaufnahmen, Informationen des Auftraggebers, sowie vorangegangene Projekte.

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

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:

Für den Windpark Pülfringen sind drei Windkraftanlagen in Planung. Zwei vom Typ Enercon E-115 mit 149 m Nabenhöhe und eine vom Typ Enercon E-138 mit 160 m Nabenhöhe. Im Richtungsbezug bleiben weitere 47 WEA verschiedener Typen und Nabenhöhen als Bestand erhalten. Für diese Windkraftanlagen wurde der Einfluss der geplanten Situation unter radartechnischen Aspekten sowie unter Beachtung der topografischen Bedingungen geprüft. Auf dieser Grundlage erfolgen Rückschlüsse zu den Wechselwirkungen zwischen den vorhandenen und künftigen Einflüssen auf das Radarsystem unter den vorgenannten technischen Aspekten.

Zielsetzung:

Es werden im Ergebnis Vorschläge formuliert und begründet, an welchen Orten zusätzliche Windenergieanlagen unter den genannten radartechnischen Kriterien als zulässig erachtet werden. In diesem Zusammenhang sind verschiedene Variationsmöglichkeiten zum Projekt untersucht worden.

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 Lauda. Eine technische bzw. operationelle 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 Lauda eine der bisherigen Betriebssituation gleichwertige Beeinflussung bzw. Radarreichweite schafft, ist die nachstehende WEA-Anordnung gemäß Abbildung 1 bis Abbildung 2 sowie Tabelle 1 zulässig:

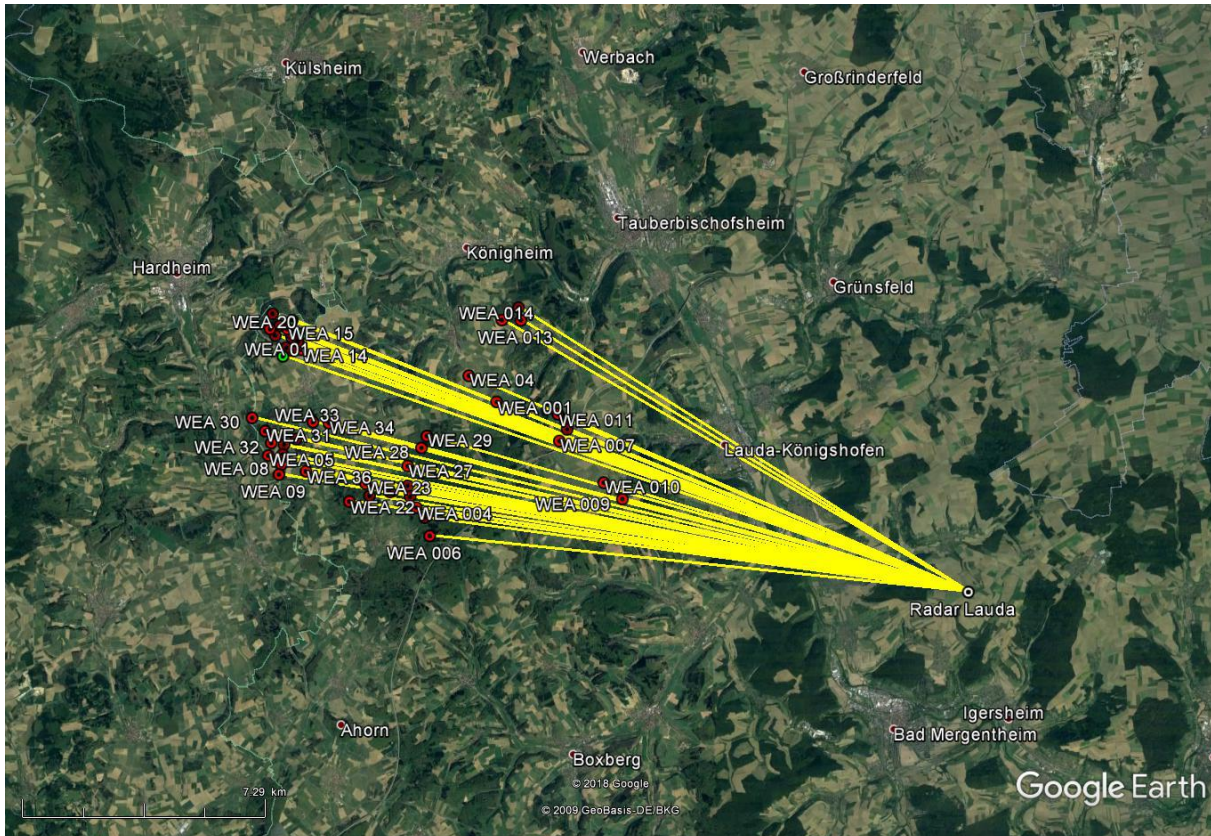


Abbildung 1: Übersicht über den Windpark Pülfringen mit den geplanten Windenergieanlagen (grün), sowie dem berücksichtigten Bestand im Richtungsbezug (rot). Die Bezeichnung von WEA sind hier teilweise nicht eingeblendet um eine bessere Übersicht über die Gesamtsituation sicherzustellen. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Lauda sind gelb dargestellt.

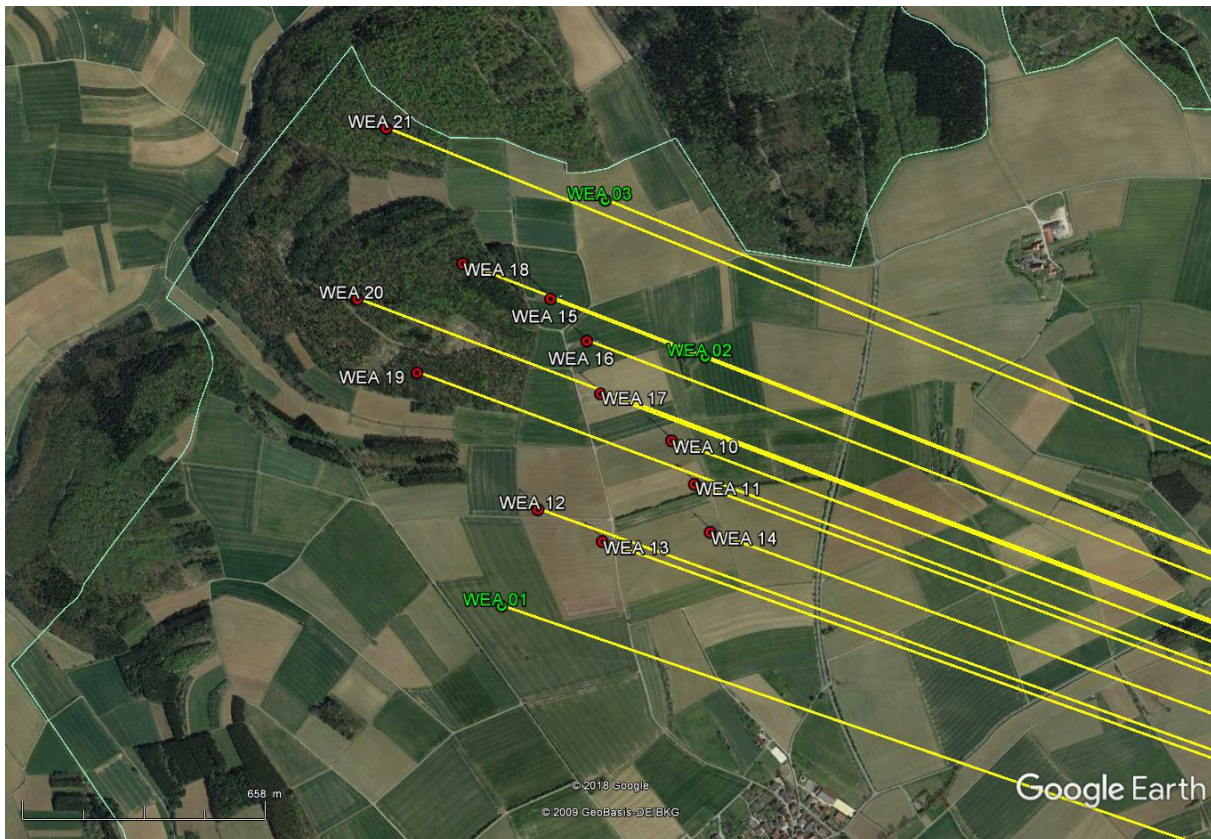


Abbildung 2: Detailübersicht über den Windpark Pülfringen mit den geplanten Windenergieanlagen (grün) und einem kleinen Teil der berücksichtigten Bestandsanlagen (rot). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Lauda sind gelb dargestellt.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Geländehöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
Planung								
WEA 01	Enercon E-115	49° 35' 20,50"	9° 31' 3,70"	149,00	390,60	0,298	21699,38	289,033
WEA 02	Enercon E-115	49° 35' 41,90"	9° 31' 30,60"	149,00	378,60	0,272	21416,25	291,174
WEA 03	Enercon E-138	49° 35' 55,40"	9° 31' 17,30"	160,00	372,00	0,276	21816,85	291,946
Bestand								
WEA 04	Enercon E58	49° 35' 1,90"	9° 35' 40,80"	70,50	361,00	0,059	16294,70	293,447
WEA 05	AN Bonus 1,3MW/62	49° 33' 44,60"	9° 30' 42,20"	80,00	384,00	0,102	21356,57	281,110
WEA 06	AN Bonus 1,3MW/62	49° 33' 55,20"	9° 31' 5,70"	80,00	395,00	0,137	20958,75	282,233
WEA 07	AN Bonus 1,3MW/62	49° 33' 45,80"	9° 31' 3,50"	80,00	395,00	0,137	20943,58	281,431
WEA 08	AN Bonus 1,3MW/62	49° 33' 36,10"	9° 31' 1,70"	80,00	390,00	0,124	20922,94	280,607
WEA 09	AN Bonus 1,3MW/62	49° 33' 26,30"	9° 30' 58,10"	80,00	385,00	0,110	20941,81	279,756
WEA 10	Enercon E40	49° 35' 34,70"	9° 31' 26,10"	78,00	399,00	0,136	21422,40	290,532
WEA 11	Enercon E40/WKIII	49° 35' 31,00"	9° 31' 29,10"	65,00	405,00	0,119	21326,38	290,300
WEA 12	Enercon E40/WKIII	49° 35' 28,80"	9° 31' 8,50"	65,00	404,00	0,112	21692,57	289,756
WEA 13	Enercon E40/WKIII	49° 35' 26,10"	9° 31' 17,00"	65,00	405,00	0,116	21503,80	289,699
WEA 14	Enercon E40/WKIII	49° 35' 26,90"	9° 31' 31,20"	65,00	402,00	0,112	21243,52	290,018
WEA 15	Enercon E40	49° 35' 46,80"	9° 31' 10,10"	78,00	395,00	0,120	21854,85	291,159
WEA 16	Enercon E40	49° 35' 43,20"	9° 31' 14,90"	78,00	397,00	0,127	21725,18	290,975
WEA 17	Enercon E40	49° 35' 38,70"	9° 31' 16,70"	78,00	394,00	0,120	21642,41	290,665
WEA 18	Enercon E-115	49° 35' 49,80"	9° 30' 58,50"	149,00	390,00	0,288	22105,53	291,167
WEA 19	Enercon E-115	49° 35' 40,50"	9° 30' 52,30"	149,00	367,00	0,228	22121,29	290,357
WEA 20	Enercon E-115	49° 35' 46,80"	9° 30' 44,40"	149,00	389,00	0,281	22337,62	290,685
WEA 21	Enercon E-115	49° 36' 1,50"	9° 30' 48,20"	149,00	385,00	0,269	22429,48	291,841
WEA 22	Enercon E-115	49° 33' 0,40"	9° 32' 43,30"	149,00	412,00	0,432	18729,04	278,415
WEA 23	Enercon E-115	49° 33' 17,70"	9° 33' 7,30"	149,00	394,00	0,388	18337,81	280,284
WEA 24	Enercon E-115	49° 33' 6,00"	9° 33' 13,20"	149,00	400,00	0,412	18160,79	279,227
WEA 25	Enercon E-115	49° 33' 9,70"	9° 33' 43,80"	149,00	398,00	0,423	17572,59	279,910
WEA 26	Enercon E-115	49° 33' 15,50"	9° 34' 9,90"	149,00	404,00	0,458	17087,89	280,800
WEA 27	Enercon E-115	49° 33' 34,70"	9° 34' 10,10"	149,00	406,00	0,461	17203,20	282,744
WEA 28	Enercon E-115	49° 33' 52,20"	9° 34' 30,50"	149,00	390,00	0,416	16931,97	284,832
WEA 29	Enercon E-115	49° 34' 3,60"	9° 34' 38,50"	149,00	382,00	0,391	16869,90	286,128
WEA 30	Enercon E-115	49° 34' 21,00"	9° 30' 17,70"	149,00	384,00	0,273	22075,58	283,736
WEA 31	Enercon E-115	49° 34' 8,20"	9° 30' 37,60"	149,00	370,00	0,245	21596,37	282,964
WEA 32	Enercon E-115	49° 33' 56,80"	9° 30' 46,60"	149,00	382,00	0,282	21344,46	282,149
WEA 33	Enercon E-115	49° 34' 17,00"	9° 31' 48,70"	149,00	390,00	0,327	20271,33	284,605
WEA 34	Enercon E-115	49° 34' 15,90"	9° 32' 12,50"	149,00	378,00	0,303	19799,90	284,853
WEA 35	Enercon E-115	49° 34' 0,60"	9° 31' 23,80"	149,00	393,00	0,327	20639,14	282,897
WEA 36	Enercon E-115	49° 33' 29,40"	9° 31' 38,20"	149,00	384,00	0,313	20164,22	280,404
WEA 001	Enercon E40/644	49° 34' 36,70"	9° 36' 22,10"	78,00	336,00	0,005	15229,72	291,991
WEA 002	Enercon E66 18.70	49° 34' 19,10"	9° 38' 4,40"	98,00	352,00	0,178	13122,32	293,128
WEA 003	GE Wind 2.75-120	49° 33' 5,40"	9° 34' 13,70"	139,00	413,00	0,459	16957,82	279,811
WEA 004	GE Wind 2.75-120	49° 32' 54,50"	9° 34' 23,10"	139,00	387,00	0,379	16717,87	278,781
WEA 005	GE Wind 2.75-120	49° 32' 45,00"	9° 34' 35,50"	139,00	388,00	0,391	16429,43	277,900
WEA 006	GE Wind 2.75-120	49° 32' 27,30"	9° 34' 42,90"	139,00	388,00	0,397	16216,87	276,055
WEA 007	Vestas V126	49° 33' 58,90"	9° 37' 55,70"	137,00	353,00	0,355	13055,22	290,306
WEA 008	Vestas V126	49° 34' 10,20"	9° 38' 7,30"	137,00	355,00	0,367	12963,29	292,110
WEA 009	Enercon E58	49° 33' 2,90"	9° 39' 29,80"	70,50	381,00	0,244	10727,27	285,111
WEA 010	Enercon E58	49° 33' 18,70"	9° 39' 1,90"	70,50	378,00	0,210	11399,94	286,752
WEA 011	Enercon E92	49° 34' 24,90"	9° 37' 53,60"	103,90	345,00	0,168	13392,31	293,471
WEA 012	Vestas V126	49° 36' 8,00"	9° 36' 54,60"	149,00	318,00	0,191	15932,44	302,336
WEA 013	Vestas V126	49° 35' 55,60"	9° 36' 58,30"	149,00	342,00	0,283	15668,04	301,295
WEA 014	Vestas V126	49° 35' 55,90"	9° 36' 29,70"	149,00	331,00	0,232	16166,92	300,270

Tabelle 1: Koordinatenübersicht über die analysierte radartechnisch zulässige Aufstellung mit den Planungsanlagen im WP Pülfringen (grün) und dem berücksichtigten Bestand im Richtungsbezug (rot).

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 zu erwartende Reichweitenminderung durch die grün gekennzeichneten geplanten Windenergieanlagen in Verbindung mit den rot geschriebenen bereits vorhandenen WEA, erfüllen 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 zulässig.

Bei den zum Teil geringen Seitenabständen der Planungsanlagen zueinander als auch zu den Bestandsanlagen, sind gemäß der vorliegenden Ergebnisse aufgrund der Distanz und der Höhe der Windkraftanlagen relativ zum Radar die Wechselwirkungen der WEA untereinander ausreichend gering.

Durch die geplante WEA 02 stehen dann zwar drei Windkraftanlagen mit annähernd gleichem Richtungsbezug hintereinander (WEA 02, WEA 15, WEA 18), dies wirkt sich aber auf Grund der hier vorliegenden besonderen Situation nicht negativ aus. Die Begründung hierfür ist, dass es sich bei einer dieser drei Anlagen – die Bestands- WEA 15, einer Enercon E-40 mit 78 m Nabhöhe – um einen gegenüber den beiden anderen genannten WEA sehr viel kleineren Typ mit geringerer Nabhöhe handelt.

Die technische Forderung des Mindestseparationsabstandes bei WEA-Anordnungen gleicher Dimension in geringeren Distanzen zum Radar, die ebenfalls eine Reduktion der Wechselwirkungen zum Ziel hat, ist damit im Radarstrahlungsfeld erfüllt.

Für die vorliegende Radaranlage in Lauda, 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 jedoch aufgrund der Geringfügigkeit nicht feststellbare Reichweitenänderung gegenüber der heutigen Situation vorliegen wird.

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

Hinweis:

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

Alle Untersuchungsobjekte sind hinsichtlich Konstruktion und Material vom Auftraggeber vorgegeben worden. Alle Untersuchungen und 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; 28.01.2019

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Hochfrequenz- und Signaturtechnik

4 Aufgabenbeschreibung

Westnordwestlich des Radarstandortes Lauda ist in durchschnittlich ca. 21,6 km Entfernung die Errichtung von drei Windkraftanlagen geplant. Zwei vom Typ Enercon E-115 mit 149 m Nabenhöhe und eine vom Typ Enercon E-138 mit 160 m Nabenhöhe. Im Richtungsbezug bleiben weitere 47 WEA verschiedener Typen und Nabenhöhen als Bestand erhalten.

Geplante Anlagen:

Der geplante Anlagentyp Enercon E-115 hat eine horizontale Ausdehnung der Naben- und Generator konstruktion von ca. 15 m. Die Höhe kann mit maximal 6,8 m angegeben werden. Der Querschnitt der Standsäule als Stahlsäule oder Stahlbetonsäule am Anschluss zur Gondel ist mit ca. 3,2 m angegeben. Der Rotordurchmesser beträgt ca. 115,7 m.

Der geplante Anlagentyp Enercon E-138 hat eine horizontale Ausdehnung der Naben- und Generator konstruktion von ca. 14,35 m. Die Höhe kann mit maximal 9,26 m angegeben werden. Der Querschnitt der Standsäule als Stahlsäule oder Stahlbetonsäule am Anschluss zur Gondel ist mit ca. 3,24 m angegeben. Der Rotordurchmesser beträgt ca. 138,59 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 computer-gestützten 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 vom Windenergieanlagen auf die Erfassungen von Flugzielen am Beispiel einer 3-D-Radaranlage 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

24. Besprechung im Luftfahrtamt der Bundeswehr zur Bewertung von WEA vom 05. und 06.02.2018

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 Einflüsse auf die Reichweite des Radarsystems, die radarwirksamen 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 (Höhenwinkel) von $0,2^\circ \dots 0,22^\circ$ gelegt. Die Ergebnisse der Feldverteilung bzw. der Feldintensitäten liegen somit im 3-dimensionalen Raum vor.

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

Grundsätzlich wird bei den numerischen Analysen als Worst-case-Ansatz das Raumgebiet der Gondel zusammen mit dem Turm als verschattungsrelevante Ob-

jektstruktur 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 Entfernungs- und Raumbereich zwischen dem LFZ und der Radarortungsanlage berechnet. Für jede einzelne Analyse wird auf dieser Grundlage die Intensitätsverteilung des Feldes in einem 400 m breiten und einem 25 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 25 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, festgelegt gemäß der o.g. Grundlagenuntersuchungen gemäß der Punkte 3. bis 6. 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 aus früheren Untersuchungen in der Region können geringfügige Abweichungen bei der Höhenbetrachtung zeigen infolge einer sehr konservativen Worst-case-Betrachtung, 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 Nabhöhen 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. 21,5 km zur Radaranlage Lauda durchgeführt.

A1				
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
WEA 01	Enercon E-115	149	21699,38	0
WEA 13	Enercon E40/WKIII	65	21503,8	0,666
WEA 12	Enercon E40/WKIII	65	21692,57	0,0573
WEA 14	Enercon E40/WKIII	65	21243,52	0,2621
			<u>21534,82</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. 20,9 km zur Radaranlage Lauda durchgeführt.

A2				
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
WEA 14	Enercon E40/WKIII	65	21243,52	0
WEA 11	Enercon E40/WKIII	65	21326,38	0,2818
WEA 007	Vestas V126	137	13055,22	0,0056
WEA 19	Enercon E-115	149	22121,29	0,0509
WEA 10	Enercon E40	78	21422,4	0,1753
WEA 17	Enercon E40	78	21642,41	0,1332
WEA 20	Enercon E-115	149	22337,62	0,0202
WEA 16	Enercon E40	78	21725,18	0,29
WEA 15	Enercon E40	78	21854,85	0,1831
WEA 18	Enercon E-115	149	22105,53	0,0086
WEA 02	Enercon E-115	149	21416,25	0,0069
			<u>20931,88</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. 19,9 km zur Radaranlage Lauda durchgeführt.

A3				
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
WEA 16	Enercon E40	78	21725,18	0
WEA 15	Enercon E40	78	21854,85	0,1831
WEA 18	Enercon E-115	149	22105,53	0,0086
WEA 02	Enercon E-115	149	21416,25	0,0069
WEA 21	Enercon E-115	149	22429,48	0,6665
WEA 03	Enercon E-138	160	21816,85	0,1054
WEA 001	Enercon E40/644	78	15229,72	0,045
WEA 008	Vestas V126	137	12963,29	0,1188
			<u>19942,64</u>	

Tabelle 4: Teilanordnung der geplanten Situation (A3).

- **Anordnung A4** der geplanten Situation gemäß Tabelle 5. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 17,1 km zur Radaranlage Lauda durchgeführt.

A4				
WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
WEA 21	Enercon E-115	149	22429,48	0
WEA 03	Enercon E-138	160	21816,85	0,1054
WEA 001	Enercon E40/644	78	15229,72	0,045
WEA 008	Vestas V126	137	12963,29	0,1188
WEA 002	Enercon E66 18.70	98	13122,32	1,0181
			<u>17112,33</u>	

Tabelle 5: Teilanordnung der geplanten Situation (A4).

Die Abbildung 3 und Abbildung 4 geben 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.

Für Planungsanlage vom Typ Enercon E-115:

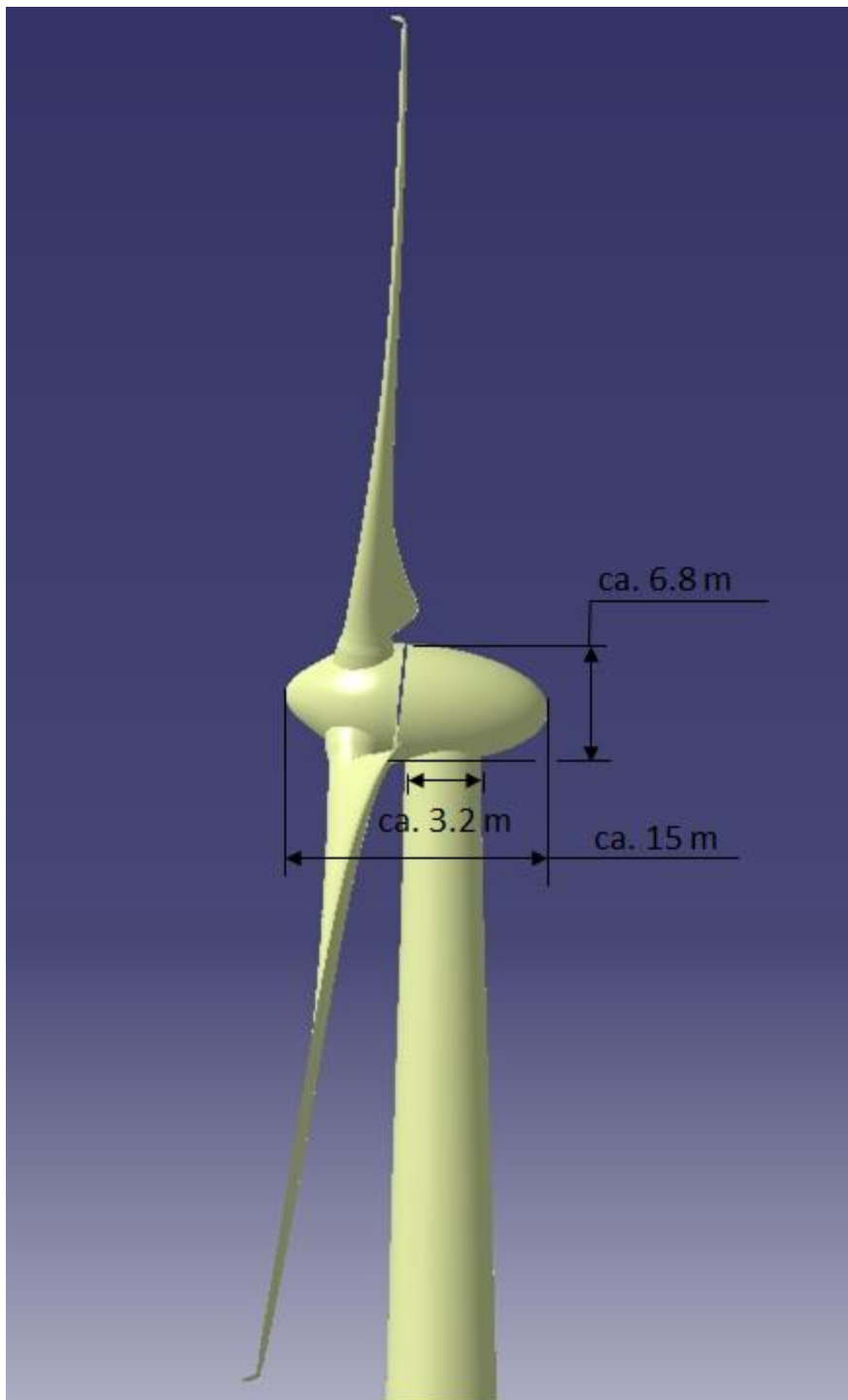


Abbildung 3: Schematische geprüfte Objektgeometrie für die geplante WEA-Bauform Enercon E-115 mit ca. 115,7 m Rotordurchmesser.

Für Planungsanlage vom Typ Enercon E-138:

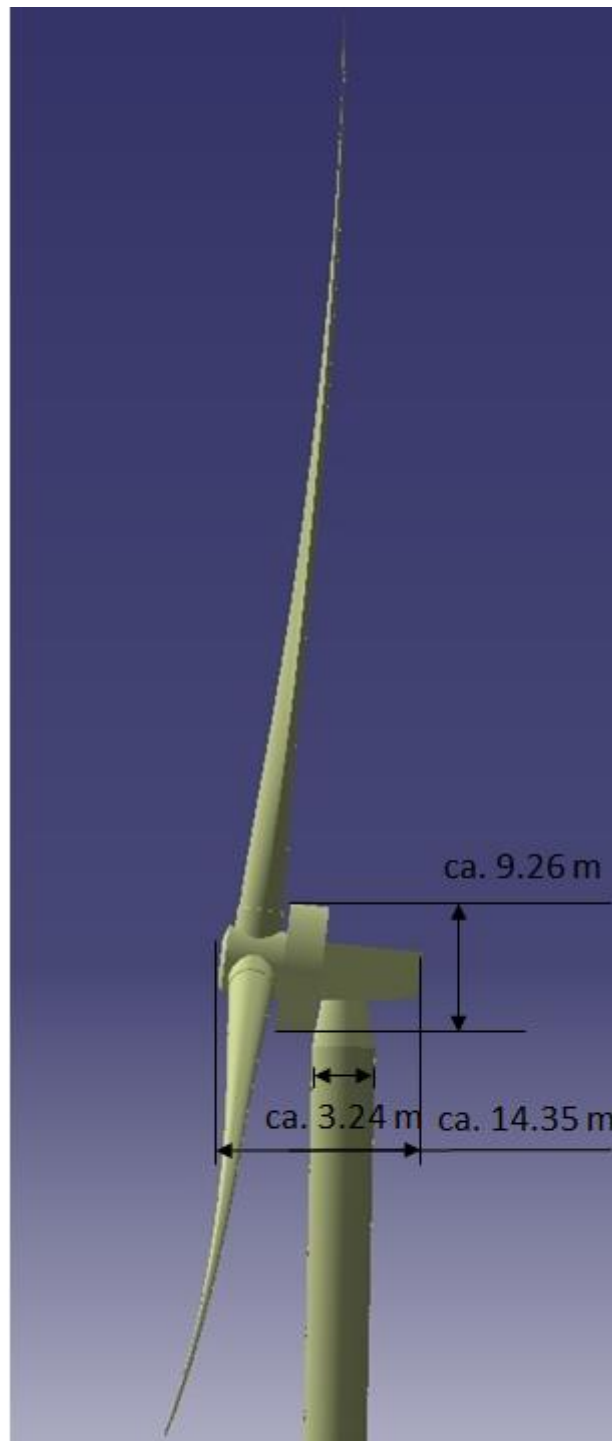


Abbildung 4: Schematische geprüfte Objektgeometrie für die geplante WEA-Bauform Enercon E-138 mit ca. 138,59 m Rotordurchmesser.

Die Abbildung 5 ist eine Detail- Luftaufnahme, die die geplanten WEA-Standorte im Windpark Pülfringen (grün), sowie einem kleinen Teil der berücksichtigten Bestandsanlagen (rot) bezüglich der Radaranlage Lauda zeigt.

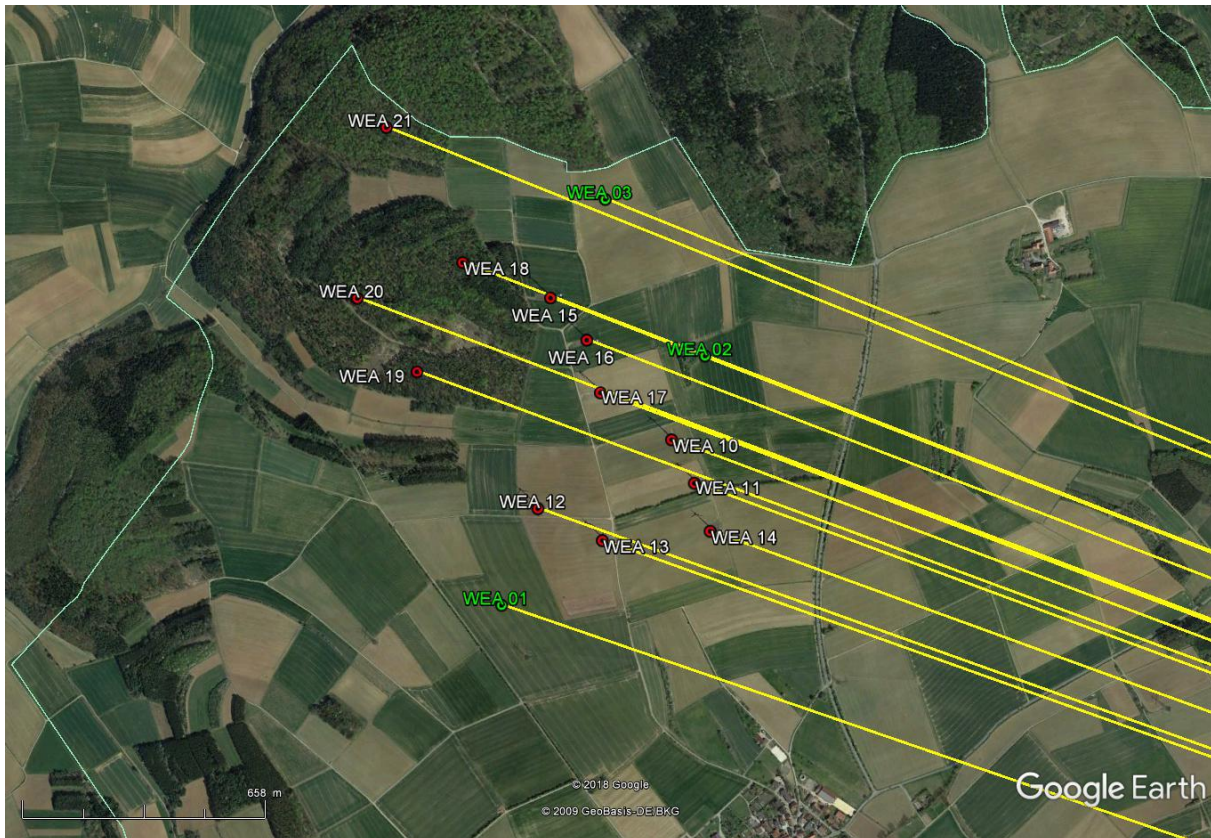


Abbildung 5: Detailübersicht über den Windpark Pülfringen mit den geplanten Windenergieanlagen (grün) und einem kleinen Teil der berücksichtigten Bestandsanlagen (rot). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Lauda sind gelb dargestellt.

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 6 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 8 sind die Grundlage für die Untersuchungen. Die analysierten Ergebnisse aus dem Kapitel 7.1 und 7.2 sind gültig für Elevationswinkel oberhalb $0,2^\circ$.

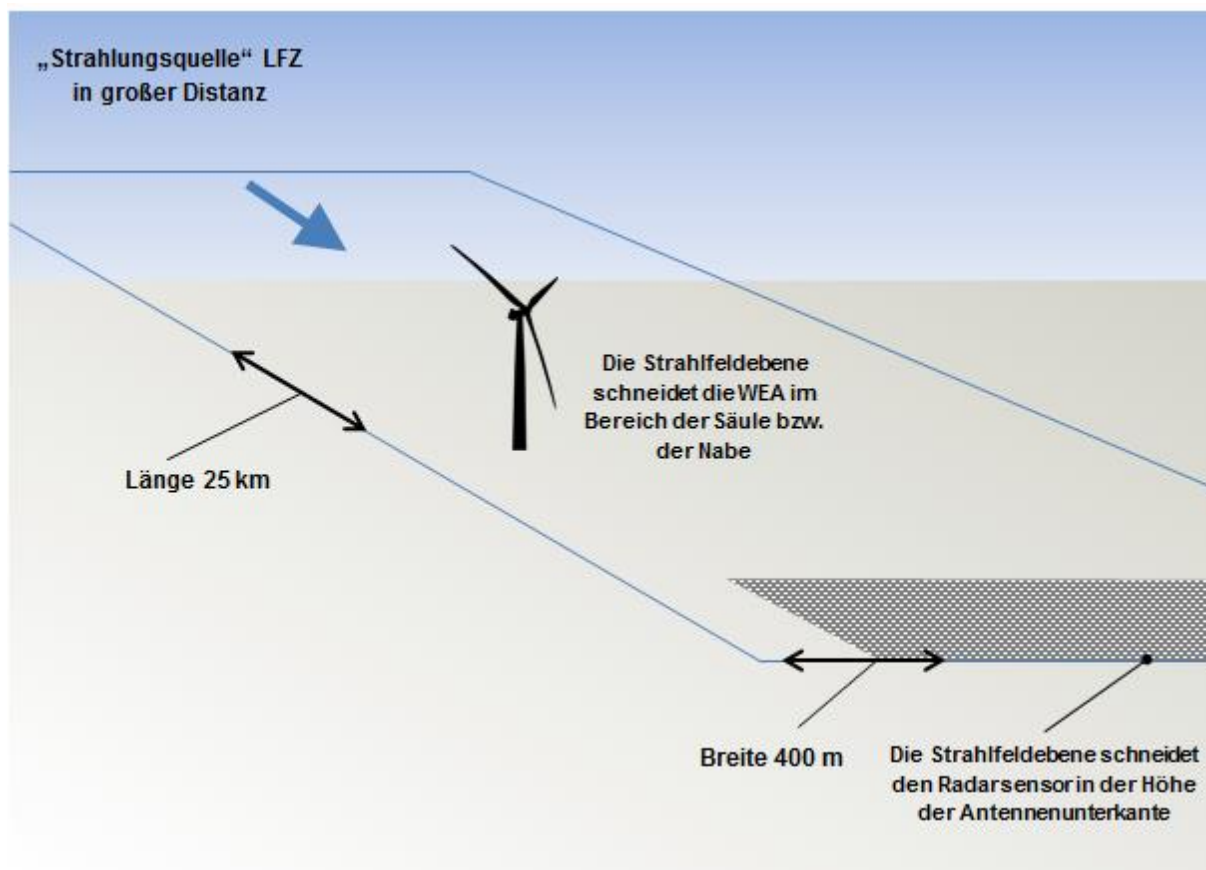


Abbildung 6: Anordnung von Radar und WEA sowie Lage des in dieser Untersuchung dargestellten Luftraums mit einer Ausdehnung von (hier) 25 km x 400 m Breite. Das LFZ wird in einer Distanz von bis zu 130 NM angenommen.
– schematische Darstellung –

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 25 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.

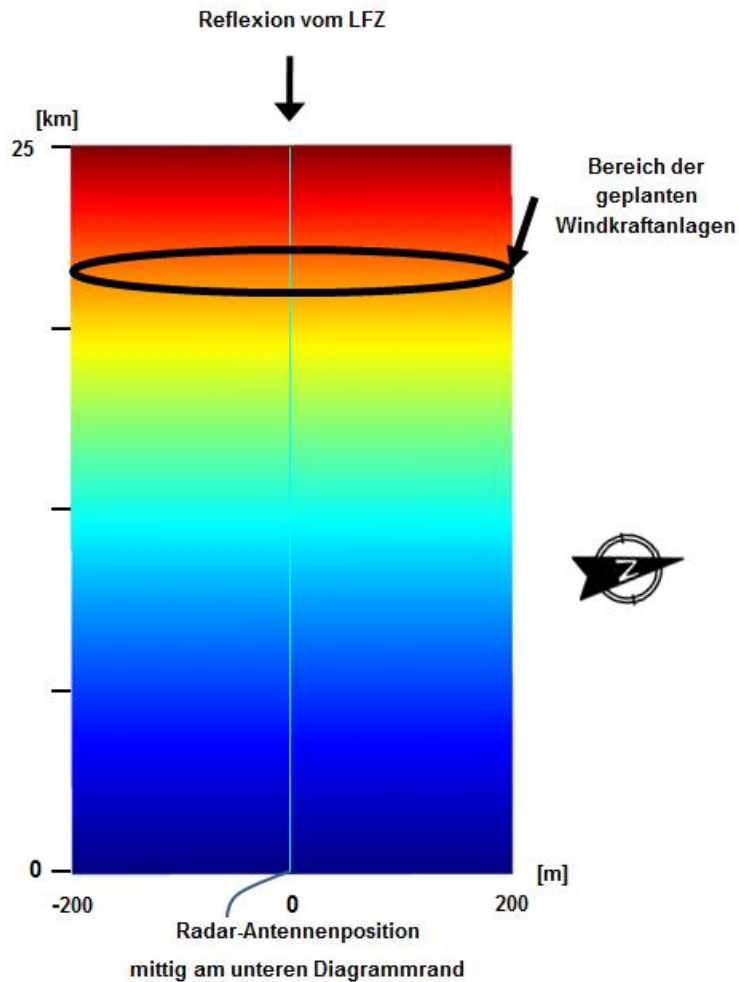


Abbildung 7: Feldgebiet von 25 km x 400 m in der Übersicht (schematische Übersicht für das Radar Lauda)

Das Untersuchungsgebiet ist in der Abbildung 7 dargestellt. Der Feldstärkeverlauf ist farblich in verschiedenen Abstufungen angegeben. Der Ort der Windparkplanung wurde in Abbildung 7 schematisch in der geplanten Distanz zu den Radarsystemen als schwarze Ellipse gekennzeichnet. Die gemittelte Distanz der geplanten zukünftigen WEA-Anordnung zum Radar Lauda liegt bei ca. 21,6 km.

Die Abbildung 8 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 Lauda gilt für den Fall ohne WEA im Rahmen der Simulation zum Strahlungsfeld der Referenzwert von:

-13,4 dBV/m (normierte Empfangsfeldstärke)

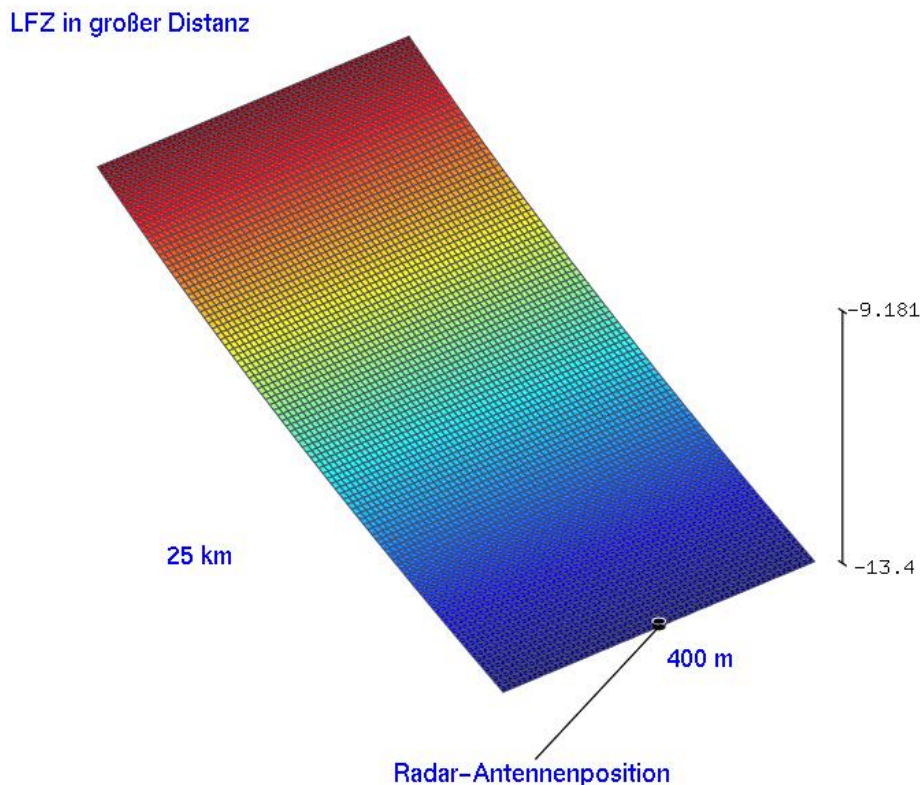


Abbildung 8: Das dargestellte Raumgebiet mit einer Elevation von $0,2^\circ$ ohne WEA-Einfluss in der Konturdarstellung für die Betriebsfrequenz des Radars Lauda.

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 Enercon E-115 erfolgt gemäß der Abbildung 3, die Nachbildung der geplanten Windenergieanlagen vom Typ Enercon E-138 gemäß Abbildung 4. Die Strahlungsfeldanalyse erfolgt für die vorgeannten Anlagentypen und Standortkombinationen.

Abbildung 9 bis Abbildung 12 geben für die Betriebsfrequenz der militärischen Radaranlage Lauda die Ergebnisse der **künftigen Situationen** für die Anordnungen 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 angegebenen untersuchten Fälle zu WEA-Mehrfachanordnungen berücksichtigen die azimutale Breite des Antennenbeams des aktuellen Radarsystems im Hinblick auf eine zeitgleiche Erfassung benachbarter WEA. Die Abbildung 14 gibt hierzu eine Übersicht für den Richtungsbe- reich der Planung.

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. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 21,5 km zur Radaranlage Lauda durchgeführt.

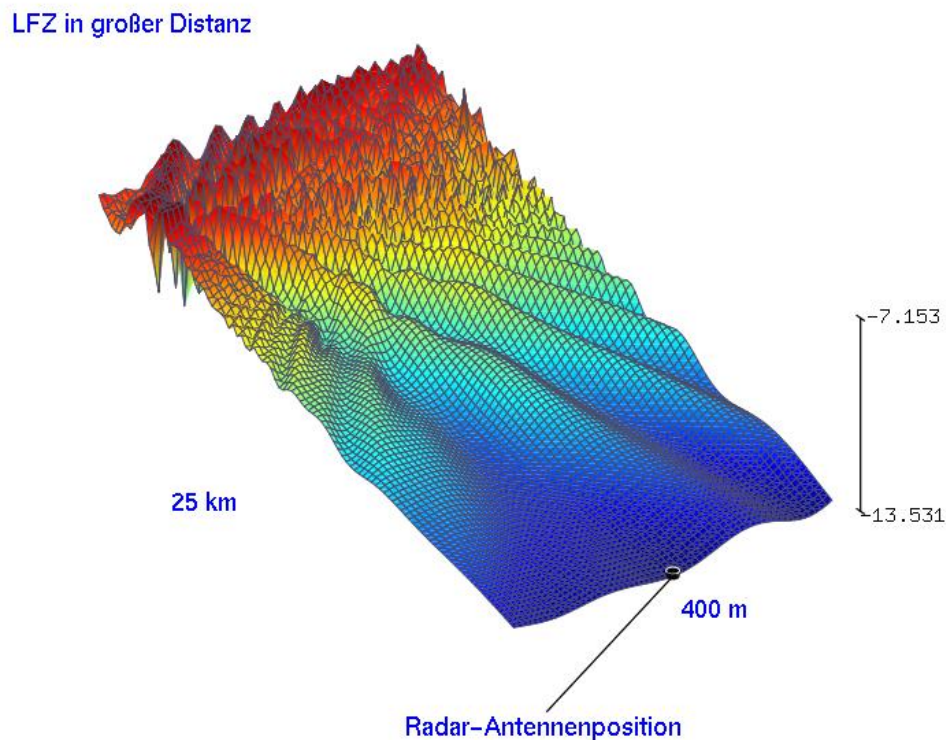


Abbildung 9: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Windenergieanlagen im Einflussbereich der Radaranlage Lauda.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 9 mit -13,531 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

98,5 %.

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

Anordnung A2 der geplanten Situation gemäß Tabelle 3. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 20,9 km zur Radaranlage Lauda durchgeführt.

LFZ in großer Distanz

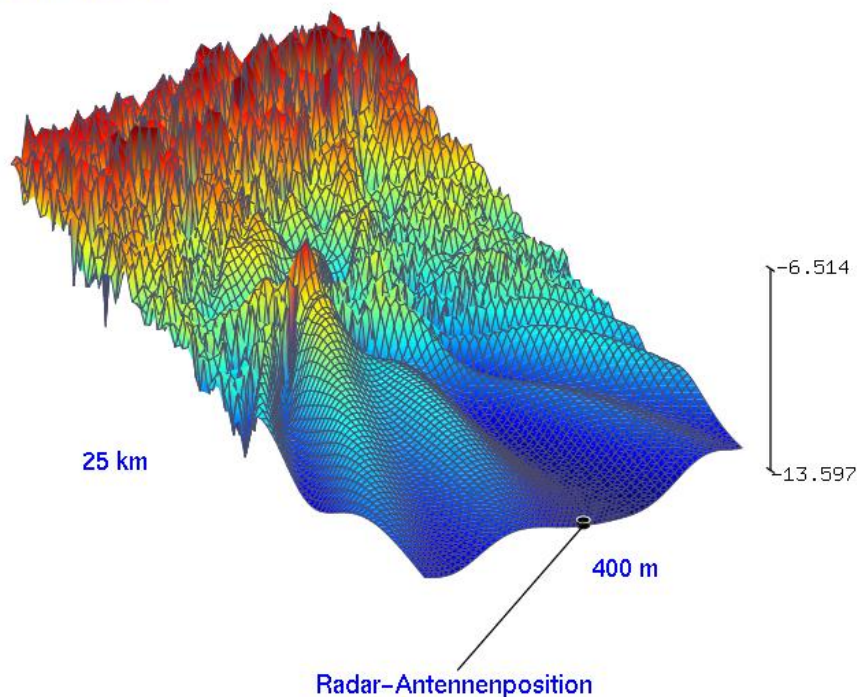


Abbildung 10: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Windenergieanlagen im Einflussbereich der Radaranlage Lauda.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 10 mit -13,597 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

97,76 %.

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

Anordnung A3 der geplanten Situation gemäß Tabelle 4. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 19,9 km zur Radaranlage Lauda durchgeführt.

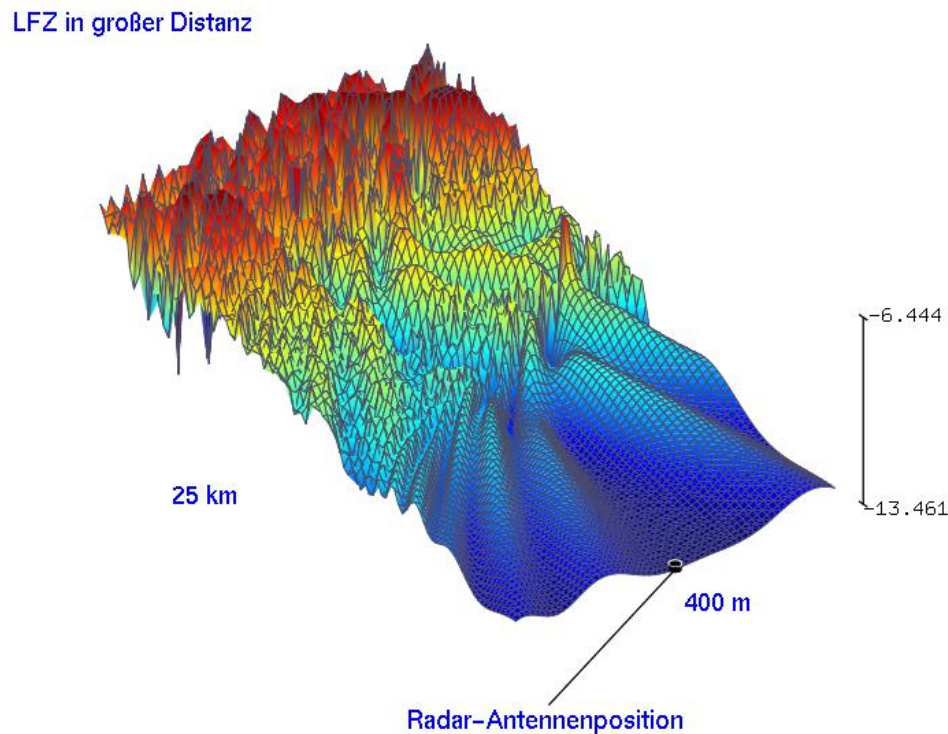


Abbildung 11: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Windenergieanlagen im Einflussbereich der Radaranlage Lauda.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 11 mit -13,461 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

99,3 %.

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

Anordnung A4 der geplanten Situation gemäß Tabelle 5. Die Analysen werden bei einer mittleren Distanz von ca. 17,1 km zur Radaranlage Lauda durchgeführt.

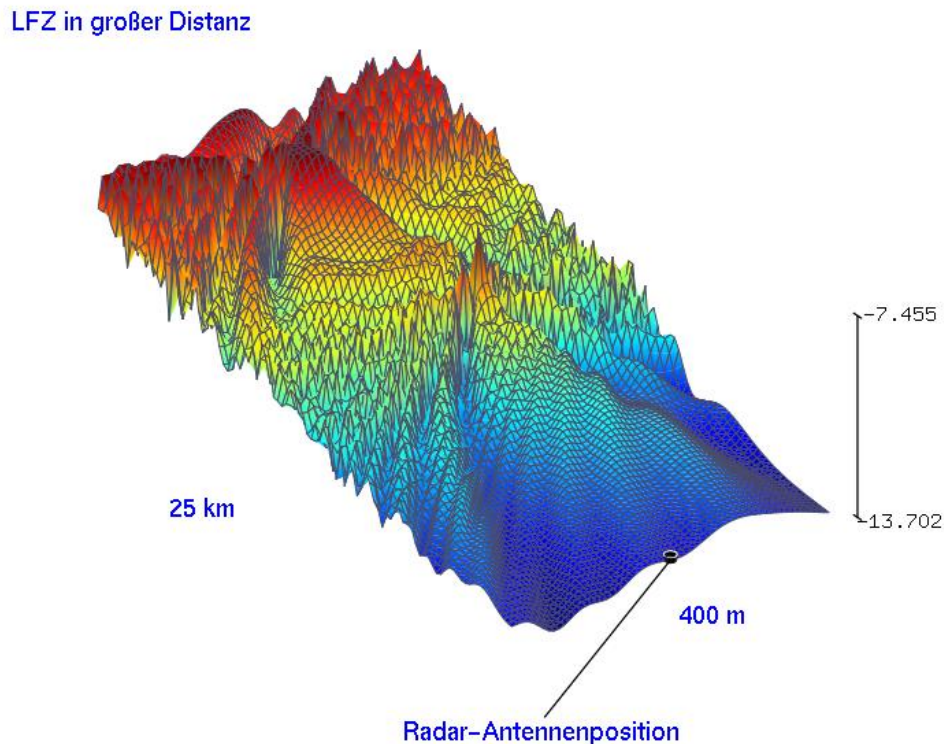


Abbildung 12: Reflexions- und Streufeldausbildung für die Windenergieanlagen im Einflussbereich der Radaranlage Lauda.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 12 mit $-13,702$ dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

96,58 %.

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

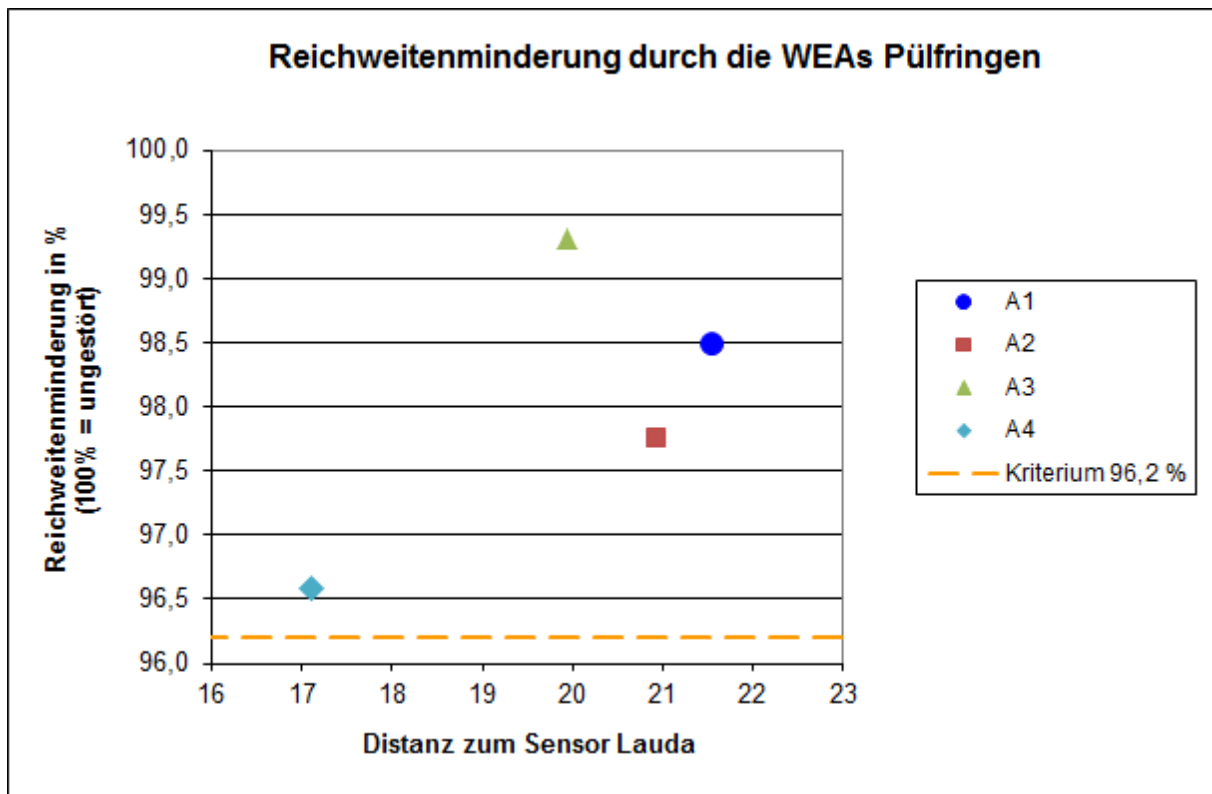


Abbildung 13: Übersicht über die zu erwartende Reichweitenreduktion bei der angegebenen WEA-Konstellation.

Beurteilung:

In den Untersuchungen wurden die geplanten WEA in Pülfringen 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.

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 der Abbildung 14 ist die Perspektive der untersuchten Teilausschnitte des Windparks über Azimut und Elevation bzgl. der Gondelpositionen für das Radar Lauda dargestellt. Die Teilanordnungen mit den stärksten Verdichtungen für die Planungsanlagen sind in der Abbildung 14 durch farbige Flächen gekennzeichnet. Die LFZ-Position im Azimut ist für die Teilanordnung schematisch gekennzeichnet.

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

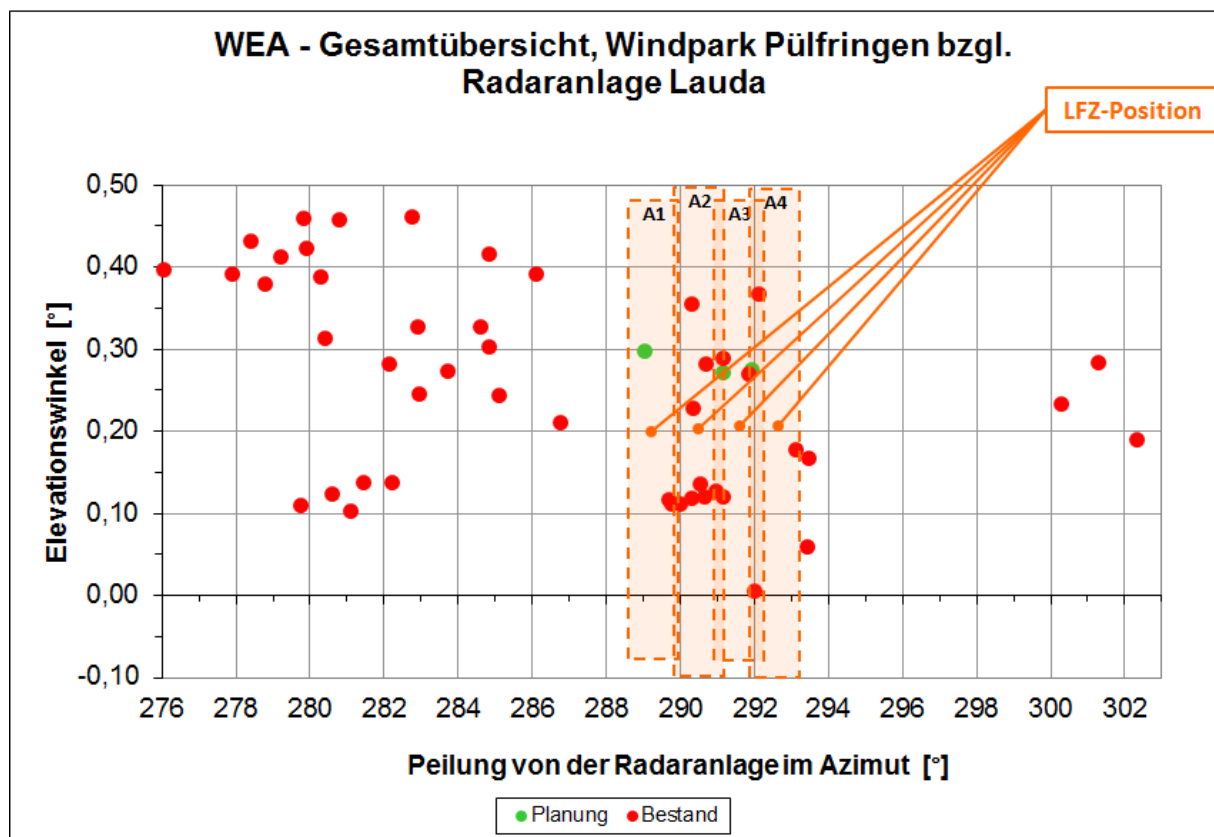


Abbildung 14: Perspektive zur Gondelanordnung gemäß Azimut und Elevation für die Position des Radars Lauda. Die Bereiche der analysierten Teilanordnungen sind durch farbige Flächen gekennzeichnet. Die Richtung und Elevation des angenommenen LFZ ist dargestellt.

7.3 Bewertung des Gesamteinflusses des Windparks

In den Untersuchungen wurden die geplanten Standorte in Pülfringen als zukünftige Situationen 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.

Die Abbildung 15 zeigt eine Luftbildaufnahme des Windparkgebietes als Detailansicht der grün gekennzeichneten geplanten Windenergieanlagen zusammen mit einem kleinen Teil der berücksichtigten Bestandsanlagen (rot). Die Koordinaten der vorhandenen sowie der geplanten WEA sowie die jeweiligen Entfernungen, die Elevation und Azimutwinkelbezüge zum Radar Lauda sind Tabelle 6 zu entnehmen.

Die Abbildung 16 zeigt eine Übersicht zur Anordnung bzgl. der Elevation und Azimut der WEA-Gondeln bzgl. der militärischen Radaranlage Lauda.

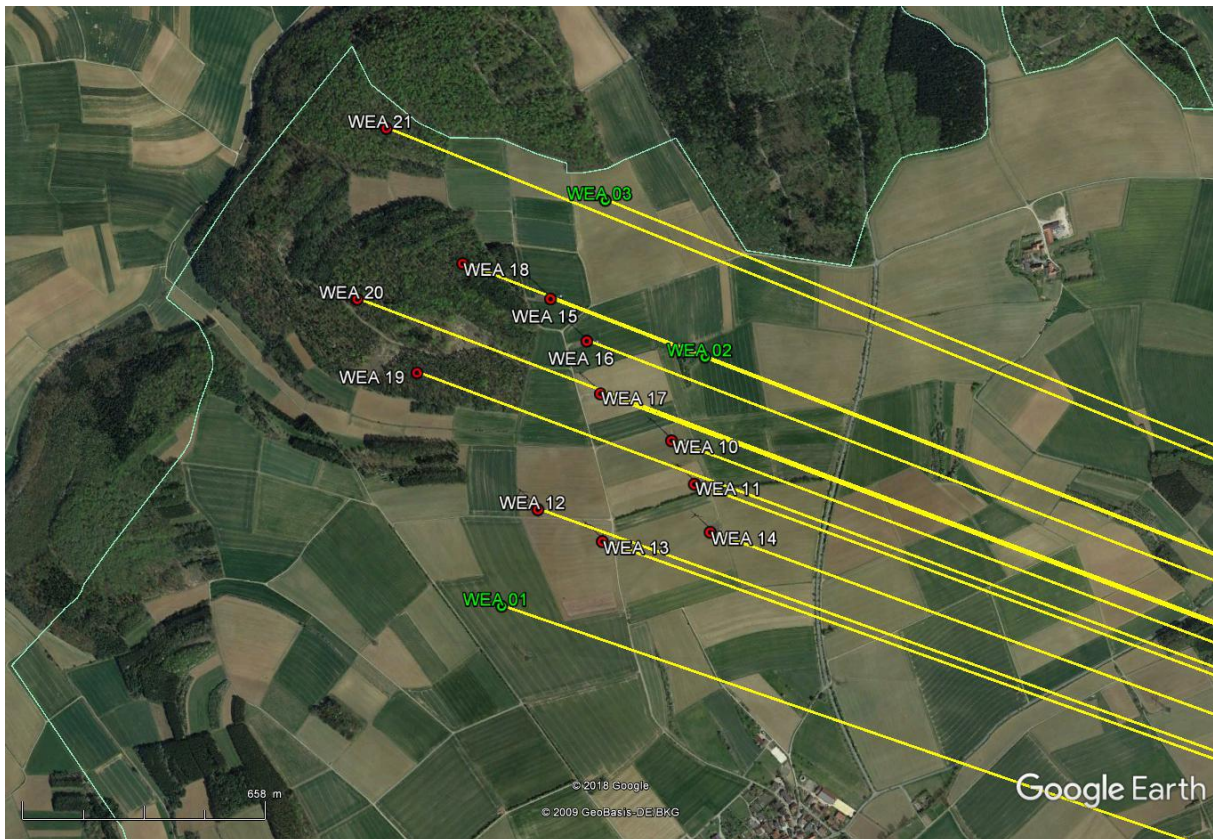


Abbildung 15: Detailübersicht über den Windpark Pülfringen mit den geplanten Windenergieanlagen (grün) und einem kleinen Teil der berücksichtigten Bestandsanlagen (rot). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Lauda sind gelb dargestellt.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Geländehöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
Planung								
WEA 01	Enercon E-115	49° 35' 20,50"	9° 31' 3,70"	149,00	390,60	0,298	21699,38	289,033
WEA 02	Enercon E-115	49° 35' 41,90"	9° 31' 30,60"	149,00	378,60	0,272	21416,25	291,174
WEA 03	Enercon E-138	49° 35' 55,40"	9° 31' 17,30"	160,00	372,00	0,276	21816,85	291,946
Bestand								
WEA 04	Enercon E58	49° 35' 1,90"	9° 35' 40,80"	70,50	361,00	0,059	16294,70	293,447
WEA 05	AN Bonus 1,3MW/62	49° 33' 44,60"	9° 30' 42,20"	80,00	384,00	0,102	21356,57	281,110
WEA 06	AN Bonus 1,3MW/62	49° 33' 55,20"	9° 31' 5,70"	80,00	395,00	0,137	20958,75	282,233
WEA 07	AN Bonus 1,3MW/62	49° 33' 45,80"	9° 31' 3,50"	80,00	395,00	0,137	20943,58	281,431
WEA 08	AN Bonus 1,3MW/62	49° 33' 36,10"	9° 31' 1,70"	80,00	390,00	0,124	20922,94	280,607
WEA 09	AN Bonus 1,3MW/62	49° 33' 26,30"	9° 30' 58,10"	80,00	385,00	0,110	20941,81	279,756
WEA 10	Enercon E40	49° 35' 34,70"	9° 31' 26,10"	78,00	399,00	0,136	21422,40	290,532
WEA 11	Enercon E40/WKIII	49° 35' 31,00"	9° 31' 29,10"	65,00	405,00	0,119	21326,38	290,300
WEA 12	Enercon E40/WKIII	49° 35' 28,80"	9° 31' 8,50"	65,00	404,00	0,112	21692,57	289,756
WEA 13	Enercon E40/WKIII	49° 35' 26,10"	9° 31' 17,00"	65,00	405,00	0,116	21503,80	289,699
WEA 14	Enercon E40/WKIII	49° 35' 26,90"	9° 31' 31,20"	65,00	402,00	0,112	21243,52	290,018
WEA 15	Enercon E40	49° 35' 46,80"	9° 31' 10,10"	78,00	395,00	0,120	21854,85	291,159
WEA 16	Enercon E40	49° 35' 43,20"	9° 31' 14,90"	78,00	397,00	0,127	21725,18	290,975
WEA 17	Enercon E40	49° 35' 38,70"	9° 31' 16,70"	78,00	394,00	0,120	21642,41	290,665
WEA 18	Enercon E-115	49° 35' 49,80"	9° 30' 58,50"	149,00	390,00	0,288	22105,53	291,167
WEA 19	Enercon E-115	49° 35' 40,50"	9° 30' 52,30"	149,00	367,00	0,228	22121,29	290,357
WEA 20	Enercon E-115	49° 35' 46,80"	9° 30' 44,40"	149,00	389,00	0,281	22337,62	290,685
WEA 21	Enercon E-115	49° 36' 1,50"	9° 30' 48,20"	149,00	385,00	0,269	22429,48	291,841
WEA 22	Enercon E-115	49° 33' 0,40"	9° 32' 43,30"	149,00	412,00	0,432	18729,04	278,415
WEA 23	Enercon E-115	49° 33' 17,70"	9° 33' 7,30"	149,00	394,00	0,388	18337,81	280,284
WEA 24	Enercon E-115	49° 33' 6,00"	9° 33' 13,20"	149,00	400,00	0,412	18160,79	279,227
WEA 25	Enercon E-115	49° 33' 9,70"	9° 33' 43,80"	149,00	398,00	0,423	17572,59	279,910
WEA 26	Enercon E-115	49° 33' 15,50"	9° 34' 9,90"	149,00	404,00	0,458	17087,89	280,800
WEA 27	Enercon E-115	49° 33' 34,70"	9° 34' 10,10"	149,00	406,00	0,461	17203,20	282,744
WEA 28	Enercon E-115	49° 33' 52,20"	9° 34' 30,50"	149,00	390,00	0,416	16931,97	284,832
WEA 29	Enercon E-115	49° 34' 3,60"	9° 34' 38,50"	149,00	382,00	0,391	16869,90	286,128
WEA 30	Enercon E-115	49° 34' 21,00"	9° 30' 17,70"	149,00	384,00	0,273	22075,58	283,736
WEA 31	Enercon E-115	49° 34' 8,20"	9° 30' 37,60"	149,00	370,00	0,245	21596,37	282,964
WEA 32	Enercon E-115	49° 33' 56,80"	9° 30' 46,60"	149,00	382,00	0,282	21344,46	282,149
WEA 33	Enercon E-115	49° 34' 17,00"	9° 31' 48,70"	149,00	390,00	0,327	20271,33	284,605
WEA 34	Enercon E-115	49° 34' 15,90"	9° 32' 12,50"	149,00	378,00	0,303	19799,90	284,853
WEA 35	Enercon E-115	49° 34' 0,60"	9° 31' 23,80"	149,00	393,00	0,327	20639,14	282,897
WEA 36	Enercon E-115	49° 33' 29,40"	9° 31' 38,20"	149,00	384,00	0,313	20164,22	280,404
WEA 001	Enercon E40/644	49° 34' 36,70"	9° 36' 22,10"	78,00	336,00	0,005	15229,72	291,991
WEA 002	Enercon E66 18.70	49° 34' 19,10"	9° 38' 4,40"	98,00	352,00	0,178	13122,32	293,128
WEA 003	GE Wind 2.75-120	49° 33' 5,40"	9° 34' 13,70"	139,00	413,00	0,459	16957,82	279,811
WEA 004	GE Wind 2.75-120	49° 32' 54,50"	9° 34' 23,10"	139,00	387,00	0,379	16717,87	278,781
WEA 005	GE Wind 2.75-120	49° 32' 45,00"	9° 34' 35,50"	139,00	388,00	0,391	16429,43	277,900
WEA 006	GE Wind 2.75-120	49° 32' 27,30"	9° 34' 42,90"	139,00	388,00	0,397	16216,87	276,055
WEA 007	Vestas V126	49° 33' 58,90"	9° 37' 55,70"	137,00	353,00	0,355	13055,22	290,306
WEA 008	Vestas V126	49° 34' 10,20"	9° 38' 7,30"	137,00	355,00	0,367	12963,29	292,110
WEA 009	Enercon E58	49° 33' 2,90"	9° 39' 29,80"	70,50	381,00	0,244	10727,27	285,111
WEA 010	Enercon E58	49° 33' 18,70"	9° 39' 1,90"	70,50	378,00	0,210	11399,94	286,752
WEA 011	Enercon E92	49° 34' 24,90"	9° 37' 53,60"	103,90	345,00	0,168	13392,31	293,471
WEA 012	Vestas V126	49° 36' 8,00"	9° 36' 54,60"	149,00	318,00	0,191	15932,44	302,336
WEA 013	Vestas V126	49° 35' 55,60"	9° 36' 58,30"	149,00	342,00	0,283	15668,04	301,295
WEA 014	Vestas V126	49° 35' 55,90"	9° 36' 29,70"	149,00	331,00	0,232	16166,92	300,270

Tabelle 6: Koordinatenübersicht über die analysierte radartechnisch zulässige Aufstellung mit den Planungsanlagen im WP Pülfringen (grün) und dem berücksichtigten Bestand im Richtungsbezug (rot).

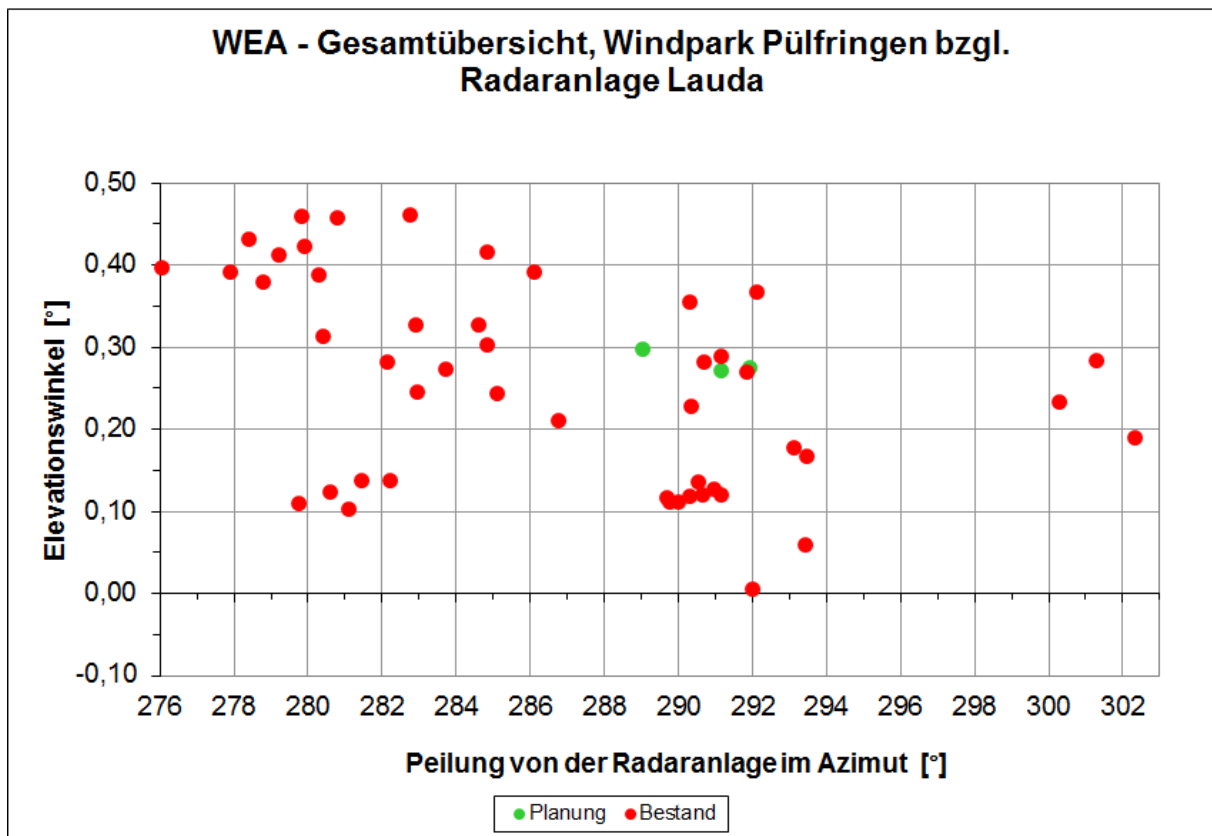


Abbildung 16: Perspektive zur Gondelanordnung gemäß Azimut und Elevation für die Position des Radars Lauda.

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)	