

Signaturtechnisches Gutachten  
zum Windpark Kranenburg  
im Einflussbereich der  
militärischen Radaranlage Marienbaum

10.11.2015

Gutachten Nr.: TAECS42-530/14  
TAECS42-087/15  
TAECS42-265/15

(technischer Abschluss)

Auftraggeber:

ABO Wind AG  
Unter den Eichen 7  
D-65195 Wiesbaden

Auftragnehmer:

Airbus Defence and Space GmbH  
Military Aircraft  
Airbus-Allee 1  
D-28199 Bremen

Durchgeführt von:

Dr.-Ing. A. Frye; TAECS42  
(ö.b.v. Sachverständiger)

unter Beteiligung von

Dipl.-Ing. M. Gottschalk TAECS42

Tel.: 0421 – 538 2719

Fax: 0421 – 538 3481

E-Mail: andreas.frye@airbus.com



Ausfertigung Nr.: - pdf -

Das Gutachten besteht aus den Seiten 1 bis 34 mit dem Anhang A.

## Inhaltsverzeichnis:

1	Vorbemerkung/Zielsetzung .....	3
2	Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse .....	6
3	Aufgabenbeschreibung .....	10
4	Referenzuntersuchung.....	11
5	Untersuchungsverfahren.....	14
6	Technische Analyse.....	16
6.1	Radartechnische Randbedingungen.....	20
6.2	Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen.....	24
6.3	Bewertung des Gesamteinflusses des Windparks .....	31
	Anhang A: Abkürzungen.....	34

## 1 Vorbemerkung/Zielsetzung

Die Analyse eines möglichen Störpotentials gegenüber dem Luftverteidigungsradarsystem in Marienbaum erfolgt für eine Windparkplanung aus 12 Windenergieanlagen im Windpark Kranenburg unter Berücksichtigung vorgelagerter Bestandsanlagen. Der Windpark Kranenburg befindet sich westlich des Radarstandortes Marienbaum in einer Entfernung von ca. 25,9 km. Im Rahmen der aktuellen Planung zu diesem Projekt erfolgt eine Bewertung anhand der geplanten WEAs im Hinblick auf die Störfreiheit gemäß den Forderungen zur Vermeidung von radarwirksamen Verschattungserscheinungen, die im Schwerpunkt für 3-D-Radarsysteme relevant sind.

Dabei stützt sich die 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. In der vorliegenden Untersuchung werden die technischen Betriebsparameter der Radarortungsanlage Marienbaum – die einer Sicherheitseinstufung unterliegen – zugrunde gelegt. Eine ausführliche Beschreibung der technischen Betriebsparameter und Aufgabenstellungen des Systems erfolgt aus diesem Grund nicht.

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

- a. Messtechnisch feststellbare Radarverschattungen durch die geplanten WEAs
- b. Gerichtete Reflexionen
- c. Streufelderscheinungen, insbesondere infolge von Wechselwirkungen zwischen benachbarten Windenergieanlagen
- d. Bewertung der Streufeldintensität für einzelne WEAs als auch für mehrere WEAs unter Berücksichtigung deren Wechselwirkung

- e. Messtechnisch feststellbare Radarverschattungen durch die geplanten WEAs im Falle der notwendigen Berücksichtigung vorhandener räumlich vor- oder nachgelagerter WEAs im Hinblick auf 3-D-Radarsysteme.
- f. Konkrete Parameter des LV-Radarsystems: Antennenposition, Antennenhöhe, Azimutauflösung, Betriebsfrequenzbereich

Berücksichtigt sind weiter die Referenzuntersuchungen gemäß Kapitel 4.

Die Bewertung der Ergebnisse zur Verschattung erfolgt im Hinblick auf die Möglichkeiten einer messtechnischen Erfassbarkeit dieser Einflüsse. Eine Beurteilung, ob diese Einflüsse zu betrieblich relevanten Störungen der Radarortungsanlage führen, erfolgt im Rahmen dieser Untersuchung nicht, da hierzu u. a. eine sehr konkrete Bewertung der Aufgaben des Radarortungssystems erforderlich ist.

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

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

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

Für die geplanten Aufstellungsorte wurde der Einfluss der Windenergieanlagen vom Typ Vestas V126 mit einer Nabenhöhe von ca. 137 m über Grund im Windpark Kranenburg für die geplante Situation unter radartechnischen Aspekten geprüft. Auf dieser Grundlage erfolgen Rückschlüsse zu den Wechselwirkungen zwischen den vorhandenen und künftigen Einflüssen auf das Radarsystem unter den vorgenannten technischen Aspekten.

### **Zielsetzung:**

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 Marienbaum. Eine Bewertung der Radaranlage erfolgt nicht.

## 2 Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse

Um eine Situation sicherzustellen, die nach der Errichtung der geplanten WEAs für die Radaranlage in Marienbaum eine der bisherigen Betriebssituation gleichwertige Beeinflussung bzw. Radarreichweite schafft, ist die nachstehende WEA-Anordnung mit den grün gekennzeichneten geplanten WEA-Standorten gemäß Abbildung 1 und Tabelle 1 zulässig:

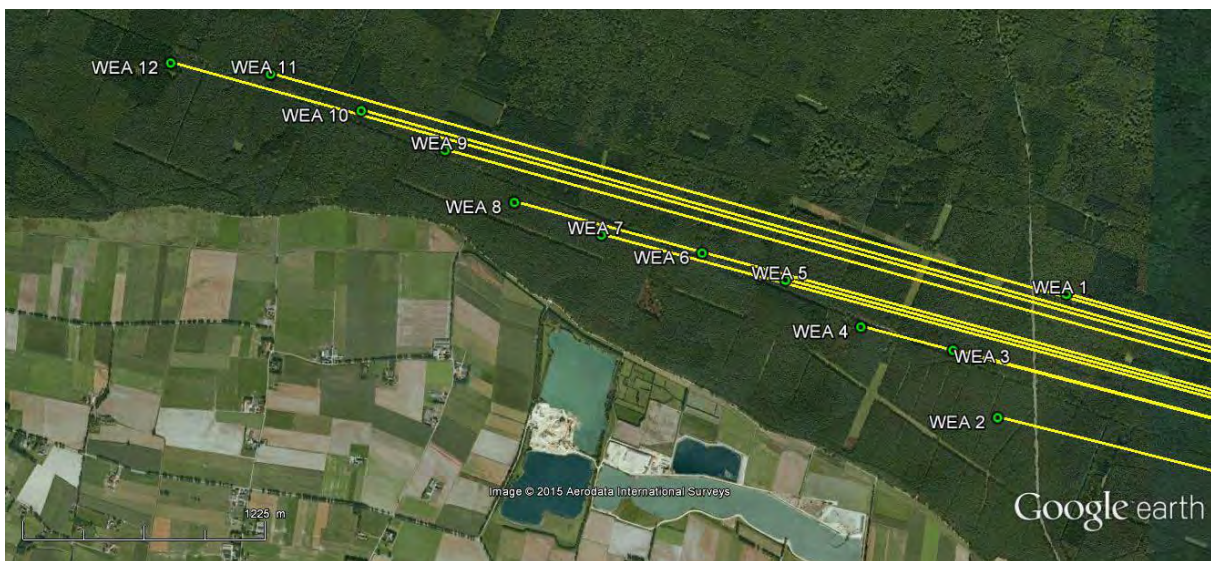


Abbildung 1: Gesamtübersicht des Windparks Kranenburg mit den geplanten Windenergieanlagen (grün). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Marienbaum sind gelb dargestellt.

Die Standorte der geplanten WEAs (grün) sind gekennzeichnet. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Marienbaum sind gelb gekennzeichnet. Die vorgelagerten Windenergieanlagen sind in der Abbildung 3 dargestellt.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Geländehöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
<b>Planung</b>								
WEA 1	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 7,22"	6° 2' 20,64"	137	30,37	0,0523	23771,53	285,922
WEA 2	Vestas V126 3,45MW	51° 43' 47,15"	6° 2' 2,87"	137	22,99	0,0331	23942,87	284,2688
WEA 3	Vestas V126 3,45MW	51° 43' 58,09"	6° 1' 51,10"	137	27,21	0,0407	24245,24	284,9166
WEA 4	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 1,85"	6° 1' 26,92"	137	22,84	0,0266	24723,61	284,9058
WEA 5	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 9,44"	6° 1' 7,12"	137	37,27	0,0561	25150,68	285,2058
WEA 6	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 13,81"	6° 0' 45,19"	137	22,23	0,0185	25592,03	285,2556
WEA 7	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 16,70"	6° 0' 18,77"	137	34,5	0,0417	26104,97	285,1579
WEA 8	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 21,97"	5° 59' 55,89"	137	28,09	0,024	26571,15	285,2557
WEA 9	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 30,41"	5° 59' 37,65"	137	41,29	0,049	26976,98	285,6002
WEA 10	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 36,78"	5° 59' 15,69"	137	23,11	0,0071	27435,44	285,7653
WEA 11	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 42,73"	5° 58' 51,71"	137	28,54	0,0148	27927,84	285,8787
WEA 12	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 44,43"	5° 58' 25,73"	137	32,36	0,019	28422,32	285,7109

Tabelle 1: Koordinatenübersicht über die analysierte Aufstellung der geplanten Windenergieanlagen (grün). Die grün gekennzeichneten geplanten WEAs sind bzgl. der Radaranlage Marienbaum zulässig.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Geländehöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
<b>Vorbelastung</b>								
Goch-Pfalzdorf Seewind 110kW	Seewind 110kW	51° 43' 47,26"	6° 9' 46,37"	34,2	32,7	-0,2208	15464,63	292,3081
Goch Repower MD70	REpower MD70	51° 42' 37,33"	6° 11' 58,46"	85	27,75	-0,04	12346,63	287,4289
Uedem/Keppeln Enercon E53 NH73 IBN 11/12	Enercon E-53	51° 41' 36,45"	6° 14' 11,48"	73,3	29,43	-0,0907	9406,29	281,0758
Uedem/Keppeln Enercon E53 NH73 IBN 11/12	Enercon E-53	51° 41' 53,90"	6° 14' 53,54"	73,3	28,23	-0,1008	8742,31	285,5664
Kranenburg Seewind 110kW	Seewind 110kW	51° 45' 55,24"	6° 1' 38,58"	34,2	35,71	-0,1814	25623,43	292,6544
Bedburg-Hau Seewind 110kW	Seewind 110kW	51° 45' 36,01"	6° 8' 38,25"	34,2	34,48	-0,1993	18130,15	300,6396
Bedburg-Hau Seewind kW750 NH75	Seewind kW750	51° 46' 40,00"	6° 13' 46,10"	74	16,09	-0,1363	14806,11	319,1364
Bedburg-Hau N80 NH80	Nordex N80	51° 46' 25,76"	6° 14' 35,36"	80	13,6	-0,1245	13860,51	320,8859
Lindchen D6-01	DeWind D6	51° 41' 56,87"	6° 14' 28,77"	68,5	28,75	-0,1253	9225,37	285,3293
Lindchen D6-02	D6	51° 41' 43,78"	6° 14' 17,61"	68,5	26,12	-0,1407	9336,91	282,5816
Lindchen D6-03	D6	51° 41' 24,32"	6° 13' 56,58"	68,5	26,59	-0,1355	9625,4	278,5545
Lindchen D6-04	D6	51° 42' 3,43"	6° 15' 2,49"	68,5	31,36	-0,1123	8661,28	287,7524
Lindchen D6-05	D6	51° 41' 42,08"	6° 14' 46,08"	68,5	27,58	-0,1361	8791,88	283,0165
Lindchen D6-06	D6	51° 41' 55,69"	6° 15' 18,44"	68,5	32,49	-0,1068	8298,04	286,8162
Lindchen D6-07	D6	51° 42' 26,23"	6° 14' 51,16"	68,5	35,25	-0,0852	9102,07	291,5761
Lindchen D6-08	D6	51° 42' 25,43"	6° 13' 44,91"	68,5	29,32	-0,1159	10288,81	288,8542
Lindchen D6-09	D6	51° 42' 39,01"	6° 14' 19,46"	68,5	31,65	-0,1047	9814,03	292,4262
Lindchen D6-10	D6	51° 42' 39,15"	6° 13' 59,51"	68,5	26,61	-0,1318	10171,12	291,6296
Lindchen D6-11	D6	51° 42' 37,01"	6° 13' 27,47"	68,5	27,34	-0,1247	10723,23	290,0946
Lindchen D6-12	D6	51° 42' 57,60"	6° 13' 3,30"	68,5	33,55	-0,0905	11384,9	292,3141
Lindchen D6-13	D6	51° 43' 12,39"	6° 13' 1,60"	68,5	33,43	-0,0909	11594,7	294,3496
Lindchen D6-1250	D6	51° 42' 49,55"	6° 13' 18,21"	68	27,25	-0,1264	11026,67	291,6761
Uedem-Keppeln Seewind 110kW	Seewind 110kW	51° 42' 3,93"	6° 14' 5,79"	31,2	29,69	-0,3368	9708,91	285,8909
WEA Hourons	unbekannt	51° 34' 5,35"	6° 10' 40,93"	70	16,51	-0,1431	18010,08	227,5875
Goch am Rhein MM92 NH100 IBN10, Keppelner	Repower MM92	51° 42' 1,66"	6° 12' 45,95"	100	29,85	0,0517	11176,12	283,4064
Goch Pfalzdorf MM82 NH80 IBN 07/09	Senvion MM82	51° 42' 24,09"	6° 11' 27,83"	80	26,91	-0,0678	12799,44	284,8925
Goch Pfalzdorf MM82 NH80 IBN 07/09	Senvion MM82	51° 42' 8,99"	6° 11' 18,40"	80	28,05	-0,0628	12865,67	282,6718
Goch Pfalzdorf II MM82 NH80 IBN 03/11	Repower MM82	51° 42' 2,29"	6° 11' 43,10"	80	23,7	-0,0821	12358,16	282,2095
Goch-Pfalzdorf E40/6.44 NH78	Enercon E40/6.44	51° 41' 25,75"	6° 12' 40,47"	78	30,81	-0,056	11079,4	277,6717
Goch-Pfalzdorf E40/6.44 NH78	Enercon E40/6.44	51° 41' 16,75"	6° 12' 45,17"	78	26,97	-0,0759	10956,63	276,288
Goch E70-E4 2300kW NH113 IBN11/11	Enercon E70-E4 2300kW	51° 41' 59,32"	6° 11' 55,53"	113,5	27,18	0,093	12105,61	282,0199
Goch Pfalzdorf E70-E4 2300kW NH65 IBN11/10	Enercon E70-E4 2300kW	51° 43' 4,34"	6° 13' 0,26"	64	36,93	-0,096	11518,74	293,166
Goch V52-900 NH74 (Höst Vornicker-Weg Weez	Vestas V52-900	51° 39' 49,18"	6° 11' 20,26"	74	15,67	-0,1458	12618,99	263,1296
Uedem/Keppeln Enercon E53 NH73 IBN 06/13 (T	Enercon E-53	51° 41' 50,80"	6° 14' 37,12"	73,3	26,24	-0,1122	9022,52	284,4445
Uedem/Keppeln Enercon E53 NH73 IBN 2014? (	Enercon E-53	51° 41' 48,67"	6° 15' 2,25"	73,3	33,19	-0,0685	8538,77	284,8179

Tabelle 2: Koordinatenübersicht über die berücksichtigte Vorbelastung (blau).

Die zu erwartende Reichweitenminderung durch die vorgenannte Windparkplanung mit den grün gekennzeichneten geplanten Windenergieanlagen von Typ Vestas V126 gemäß Tabelle 1 unter Berücksichtigung der Vorbelastung gemäß Tabelle 2 erfüllt das Kriterium von 96,2 % bzgl. der Radaranlage Marienbaum.

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.

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

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

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



Hinweis:

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

Alle Untersuchungsobjekte sind hinsichtlich Konstruktion und Material vom Auftraggeber vorgegeben worden. Alle Untersuchungen und theoretische Analysen sind vom Sachverständigen persönlich überwacht oder durchgeführt worden. Der Schwerpunkt der Unterstützung durch Dipl.-Ing. M. Gottschalk liegt in der Durchführung der Simulationsverfahren nach festgelegten Prozessen.

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



Dr. -Ing. A. Frye; 10.11.2015

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für  
Hochfrequenz- und Signaturtechnik

### **3 Aufgabenbeschreibung**

Westlich des Radarstandortes Marienbaum in ca. 25,9 km Entfernung ist die Errichtung von 12 Windenergieanlagen des Typs Vestas V126 mit einer Nabenhöhe von ca. 137 m über Grund vorgesehen.

#### Geplante Anlagen:

Die Windenergieanlage von Typ Vestas V126 hat eine horizontale Ausdehnung von maximal 17,5 m. Die Höhe kann mit maximal 4,09 m angegeben werden. Der Querschnitt der Standsäule als Stahlsäule oder Stahlbetonsäule am Anschluss zur Gondel ist mit ca. 2,3 m angegeben. Der Rotordurchmesser beträgt ca. 126 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, das ein Leiterband bzw. eine axial geführte Leiterschiene im Rotorblatt sowie metallische Rezeptoren u. a. im Bereich der Blattspitze vorsieht. Gemäß durchgeführter messtechnischer Untersuchungen im Zusammenhang mit anderen Projekten konnte nachgewiesen werden, dass ein derartiges Blitzschutzkonzept ein geringeres radartechnisches Störpotential zeigt als äußere metallische Kantenprofile, insbesondere eine geringere Streufeldintensität infolge eines geringeren Metallanteils im Rotorblatt.

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

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

## 4 Referenzuntersuchung

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

Grundlagen dieser Untersuchungen sind u. a.:

1. Computergestützte Strahlungsfeldanalysen der DASA 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 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 Untersuchungen zum Einfluss vom Windenergieanlagen auf die Erfassungen von Flugzielen am Beispiel einer 3-D-Radaranlage zur Luftverteidigung aus 2009

## 5 Untersuchungsverfahren

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

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

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

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

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

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

Das elektromagnetische Strahlungsfeld wurde bei jeder Analyse in einem 400 m breiten und einem 30 km langen Feldgebiet – ausgehend von der Radarortungsanlage – ermittelt. Dieses Feldgebiet stellt somit den letzten Streckenabschnitt der vom LFZ reflektierten Radarwelle dar. In den Abbildungen sind somit die Feldstärkeverteilungen der letzten 30 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 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.

## 6 Technische Analyse

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

- **Sechsfach-Anordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 3. Die Analysen werden für die geplanten Standorte **WEA 2**, **WEA 4** und **WEA 3** unter Berücksichtigung der Vorbelastung bei einer mittleren Distanz von ca. 17,21 km gegenüber der Radaranlage Marienbaum durchgeführt.

**a1**

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
WEA 2	Vestas V126 3,45MW	137	23942,87	0
Uedem/Keppeln Enercon E53 NH73 IBN 06/13 (T	Enercon E-53	73,3	9022,52	0,1757
Uedem/Keppeln Enercon E53 NH73 IBN 2014? (	Enercon E-53	73,3	8538,77	0,3734
Goch Pfalsdorf MM82 NH80 IBN 07/09	Senvion MM82	80	12799,44	0,0746
WEA 4	Vestas V126 3,45MW	137	24723,61	0,0133
WEA 3	Vestas V126 3,45MW	137	<u>24245,24</u>	0,0108
			17212,08	

Tabelle 3: Teilanordnung für die geplante Situation (a1).

- **Fünffach-Anordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 4. Die Analysen werden für die geplanten Standorte **WEA 7**, **WEA 5**, **WEA 6** und **WEA 8** unter Berücksichtigung der Vorbelastung bei einer mittleren Distanz von ca. 22,53 km gegenüber der Radaranlage Marienbaum durchgeführt.

**a2**

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
WEA 7	Vestas V126 3,45MW	137	26104,97	0
WEA 5	Vestas V126 3,45MW	137	25150,68	0,0479
WEA 6	Vestas V126 3,45MW	137	25592,03	0,0498
WEA 8	Vestas V126 3,45MW	137	26571,15	1E-04
Lindchen D6-01	DeWind D6	68,5	<u>9225,37</u>	0,0736
			22528,84	

Tabelle 4: Teilanordnung für die geplante Situation (a2).



- **Sechsfach-Anordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 5. Die Analysen werden für die geplanten Standorte **WEA 9, WEA12, WEA 10, WEA 11** und **WEA 1** unter Berücksichtigung der Vorbelastung bei einer mittleren Distanz von ca. 23,88 km gegenüber der Radaranlage Marienbaum durchgeführt.

**a3**

WEAs	Anlage	NH [m]	Entfernung [m]	Winkeldiff. [°]
Udem/Keppeln Enercon E53 NH73 IBN 11/12	Enercon E-53	73,3	8742,31	0
WEA 9	Vestas V126 3,45MW	137	26976,98	0,0338
WEA 12	Vestas V126 3,45MW	137	28422,32	0,1107
WEA 10	Vestas V126 3,45MW	137	27435,44	0,0544
WEA 11	Vestas V126 3,45MW	137	27927,84	0,1134
WEA 1	Vestas V126 3,45MW	137	<u>23771,53</u>	0,0433
			23879,4	

Tabelle 5: Teilanordnung für die geplante Situation (a3).

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

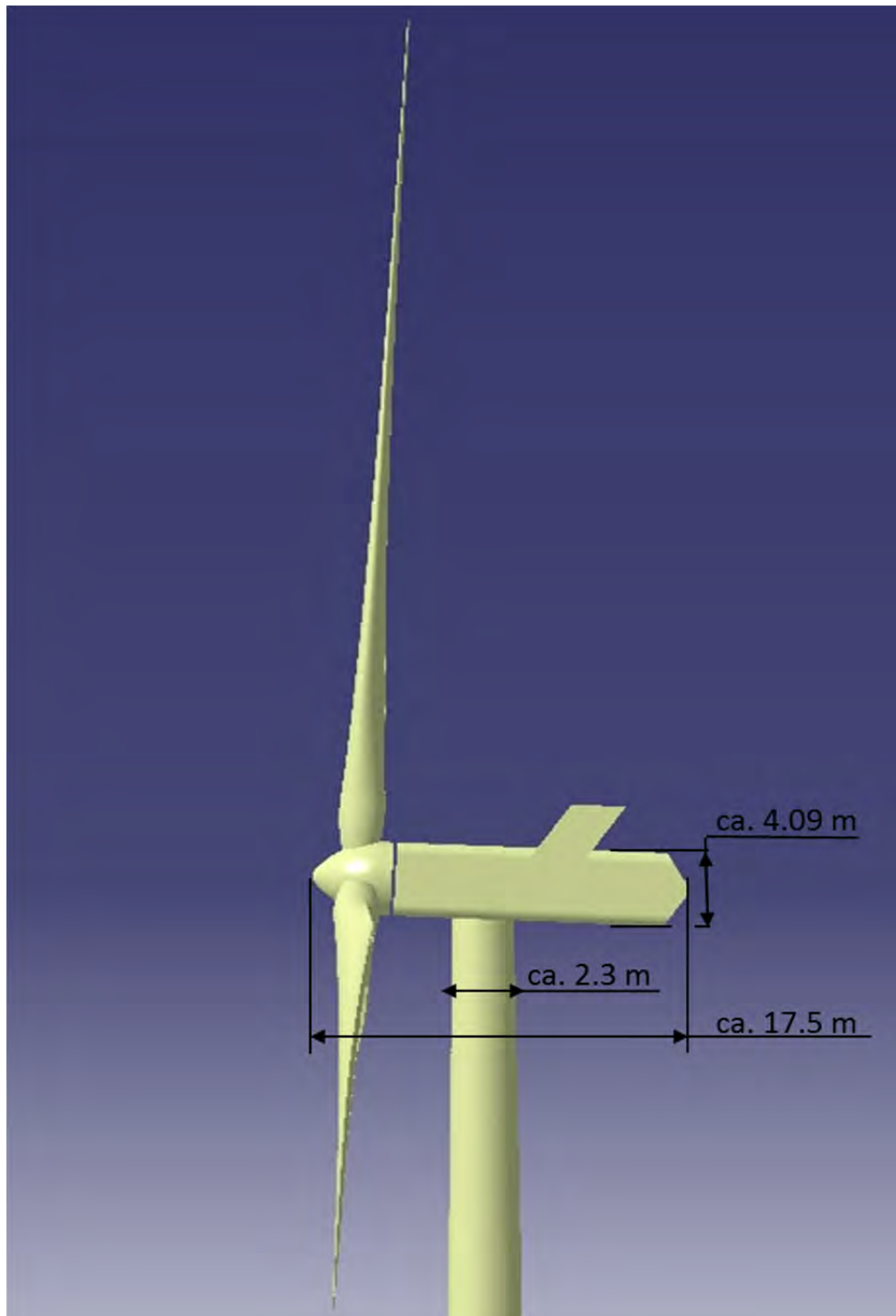


Abbildung 2: Schematische Objektgeometrie für die geplante WEA-Bauform Vestas V126 mit ca. 126 m Rotor bei ca. 137 m NH.

Die Abbildung 3 zeigt eine Luftaufnahme der berücksichtigten geplanten/vorhandenen WEA-Standorte im Windpark Kranenburg bezüglich der Radaranlage Marienbaum für die geplante Situation.

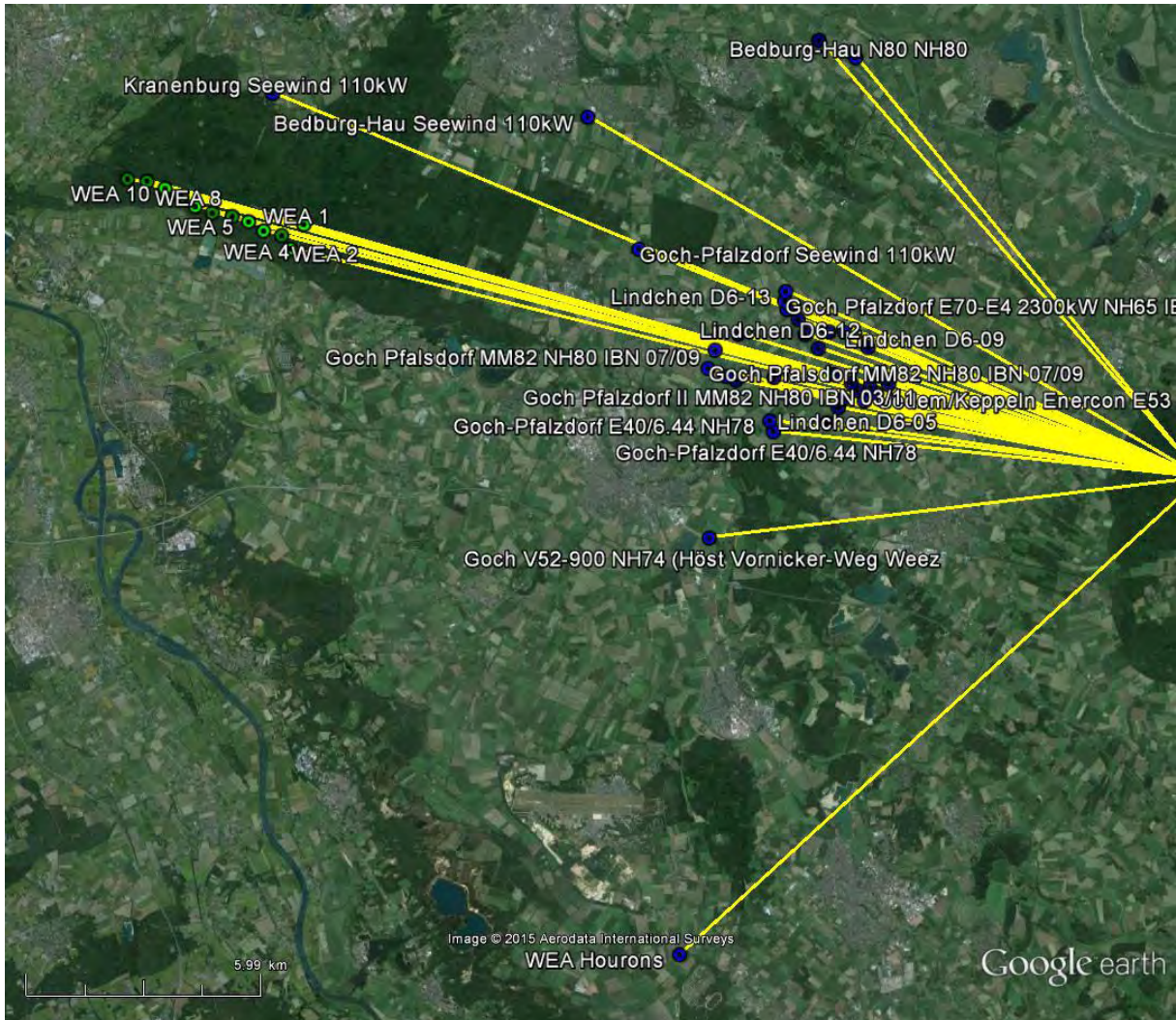


Abbildung 3: Schematische Darstellung der untersuchten Standorte der geplanten Windenergieanlagen (grün) und der Vorbelastung (blau). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. des Radars Marienbaum sind gelb gekennzeichnet.

## 6.1 Radartechnische Randbedingungen

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

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

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

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

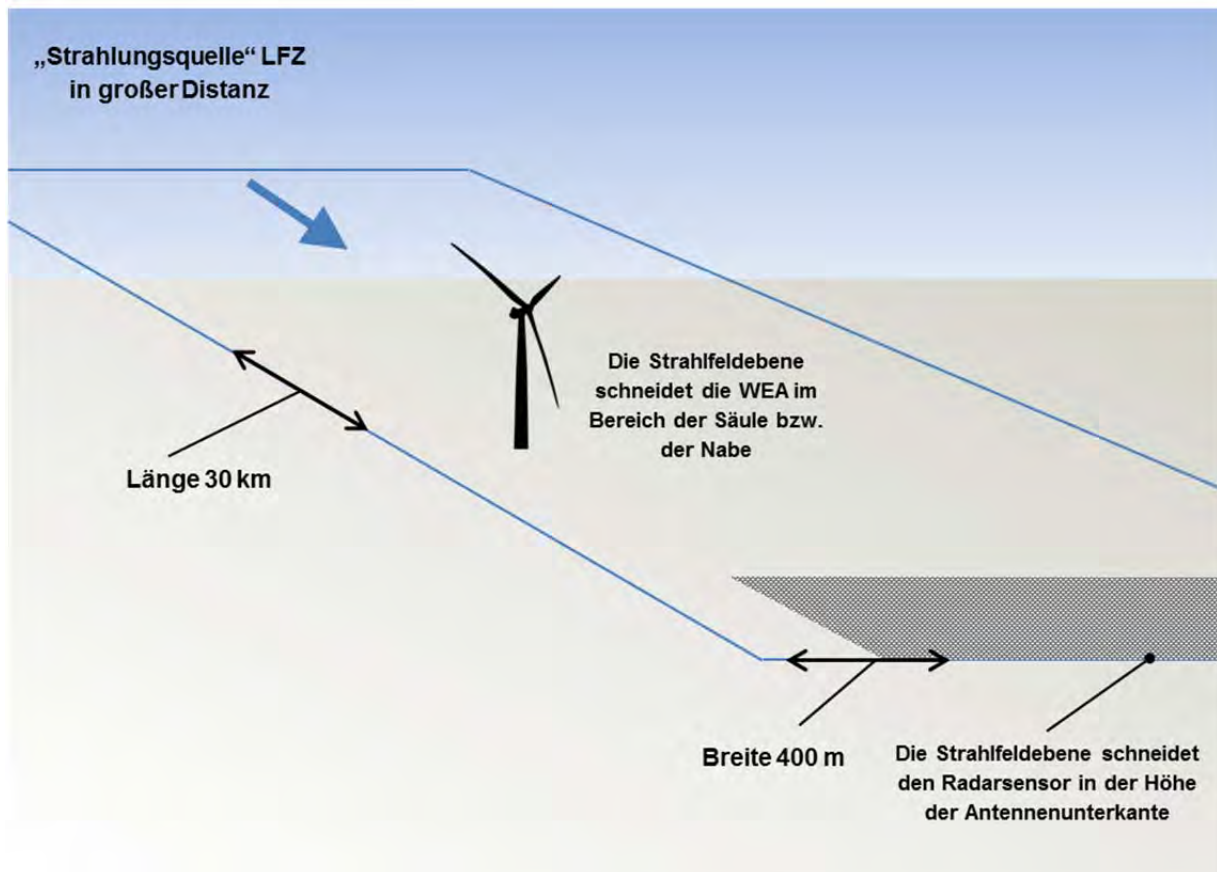


Abbildung 4: Anordnung von Radar und WEA sowie Lage des in dieser Untersuchung dargestellten Luftraums mit einer Ausdehnung von (hier) 30 km x 400 m Breite. Das LFZ wird in einer Distanz von bis zu 130 NM angenommen.  
– schematische Darstellung –

Dargestellt ist in der vorliegenden Untersuchung – wenn nicht anders angegeben – stets ein Feldgebiet für den Sekundärpfad, das vom LFZ reflektierte Signal zur Radaranlage ist bis 30 km Längenausdehnung und in einer Breite von 400 m darstellt. Der grau gekennzeichnete Ausschnitt des Feldgebietes wird mehreren Detailanalysen unterzogen, um eine ausreichende Datenbasis für die zu erwartenden Einflüsse auf die Empfangsverhältnisse des Radarsensors zu erhalten.

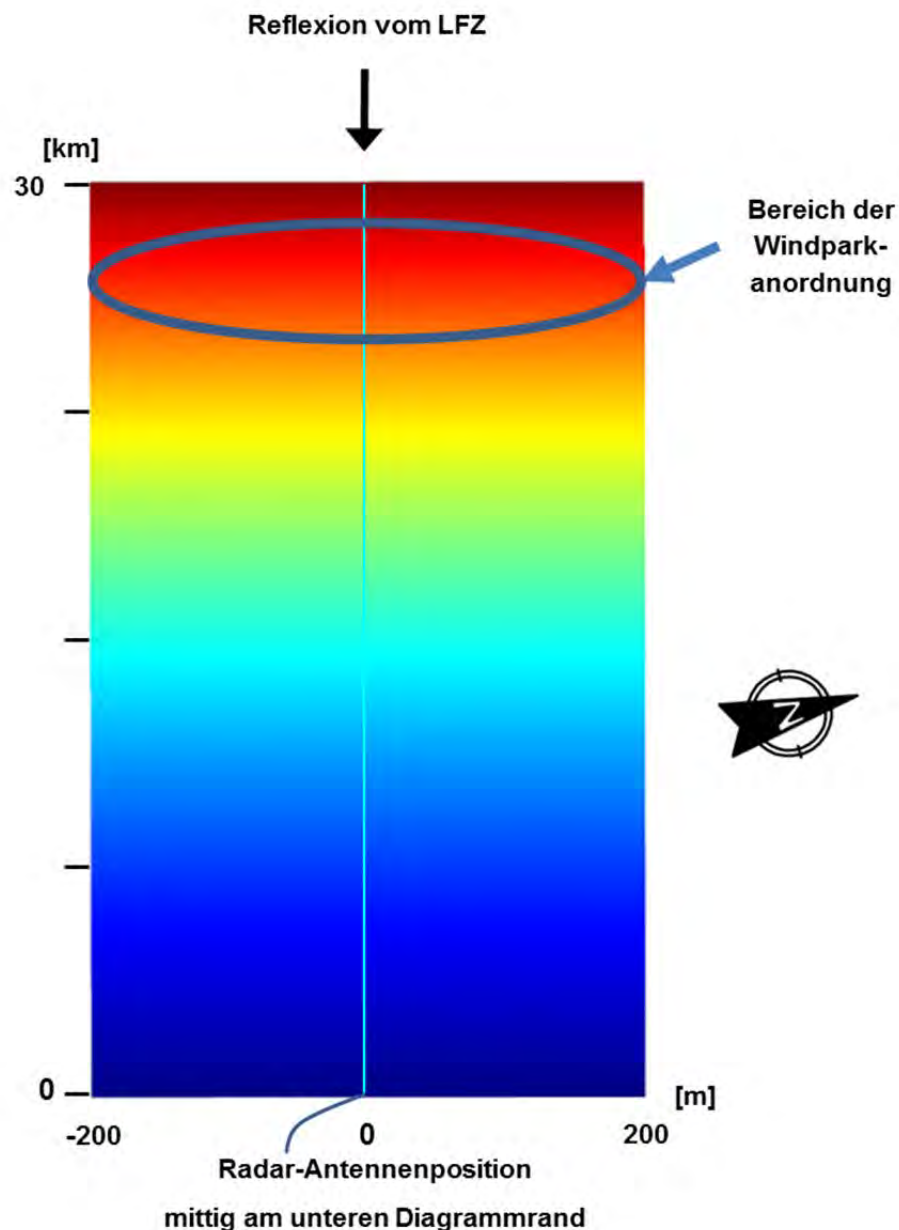


Abbildung 5: Feldgebiet von 30 km x 400 m in der Übersicht (schematische Übersicht für das Radar Marienbaum)

Das Untersuchungsgebiet ist in der Übersicht dargestellt. Der Feldstärkeverlauf ist farblich in verschiedenen Abstufungen angegeben. Der Ort der geplanten Windenergieanlagen wurde in Abbildung 5 schematisch in der geplanten Distanz zu dem Radarsystem als schwarze Ellipse gekennzeichnet. Die gemittelte Distanz der gesamten zukünftigen WEA-Anordnung zum Radar Marienbaum liegt bei ca. 25,9 km.

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

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

**-12,701 dBV/m (normierte Empfangsfeldstärke)**

LFZ in großer Distanz

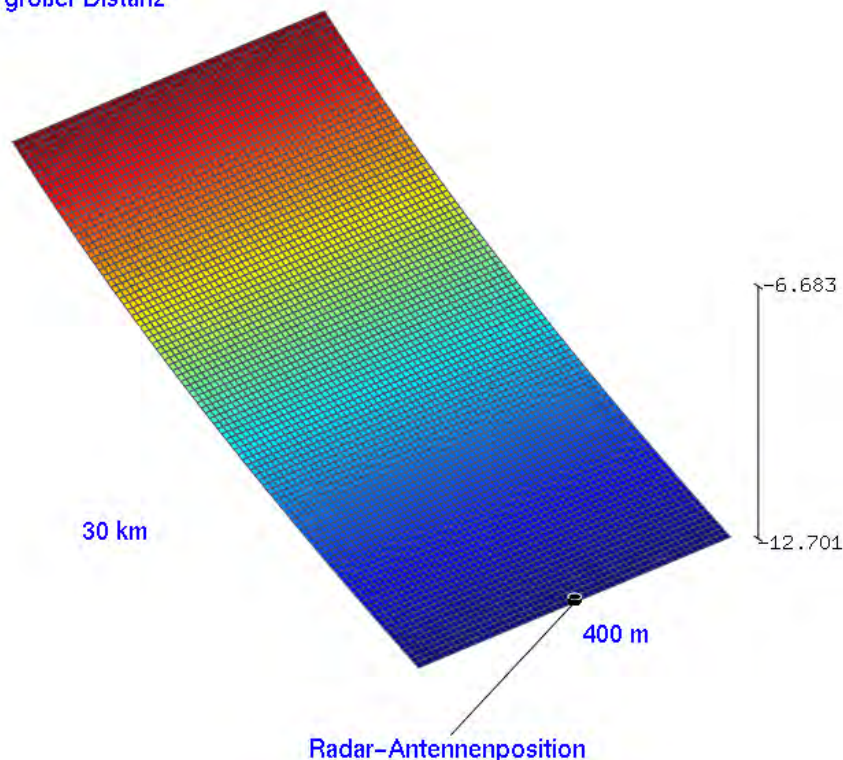


Abbildung 6: Das dargestellte Raumgebiet mit einer Elevation von  $0,2^\circ$  ohne WEA-Einfluss in der Konturdarstellung für die Betriebsfrequenz des Radars Marienbaum.

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

## **6.2 Bewertung des Einflusses von Einzelanlagen und Gruppierungen**

Die Nachbildung der geplanten Windenergieanlagen erfolgt gemäß Abbildung 2. Die Strahlungsfeldanalyse erfolgt für die vorgenannten Anlagentypen und Standortkombinationen.

Die Abbildung 7 bis Abbildung 9 geben für die Betriebsfrequenz der militärischen Radaranlage Marienbaum die Ergebnisse der geplanten Situation als Teilanordnungen wieder.

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

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



**Sechsfach-Anordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 3. Die Analysen werden für die geplanten Standorte **WEA 2**, **WEA 4** und **WEA 3** unter Berücksichtigung der Vorbelastung bei einer mittleren Distanz von ca. 17,21 km gegenüber der Radaranlage Marienbaum durchgeführt.

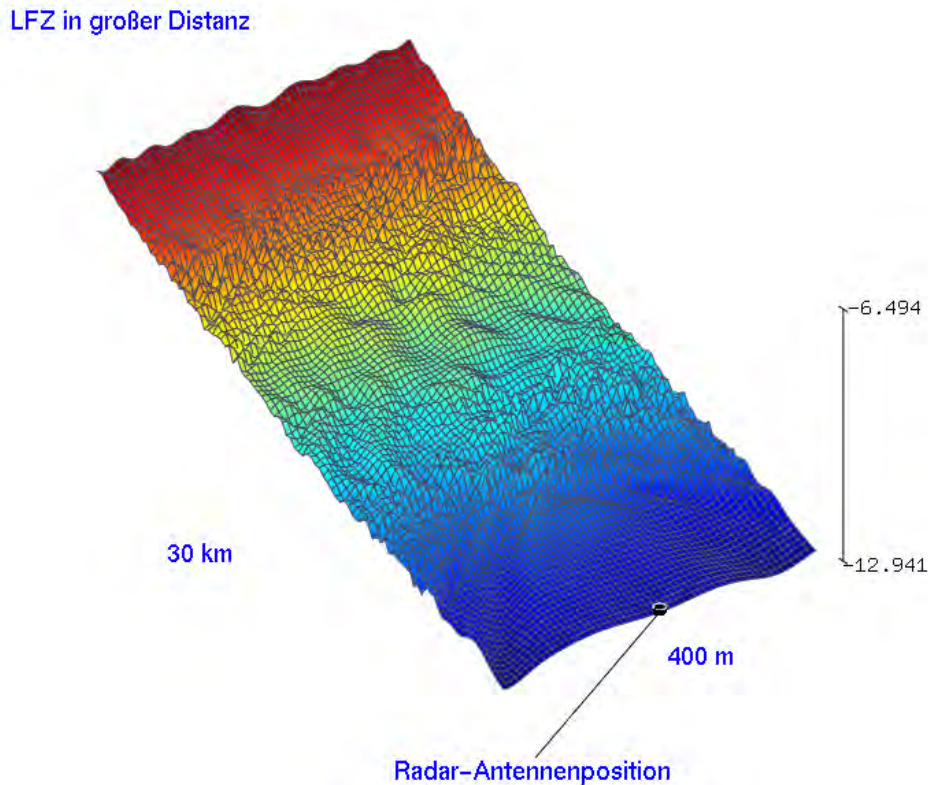


Abbildung 7: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen an den Standorten WEA 2, WEA 4 und WEA 3 unter Berücksichtigung der Vorbelastung als Sechsfach-Anordnung im Einflussbereich der Radaranlage Marienbaum.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 7 mit -12,941 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

**97,27 %.**

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

**Fünffach-Anordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 4. Die Analysen werden für die geplanten Standorte **WEA 7**, **WEA 5**, **WEA 6** und **WEA 8** unter Berücksichtigung der Vorbelastung bei einer mittleren Distanz von ca. 22,53 km gegenüber der Radaranlage Marienbaum durchgeführt.

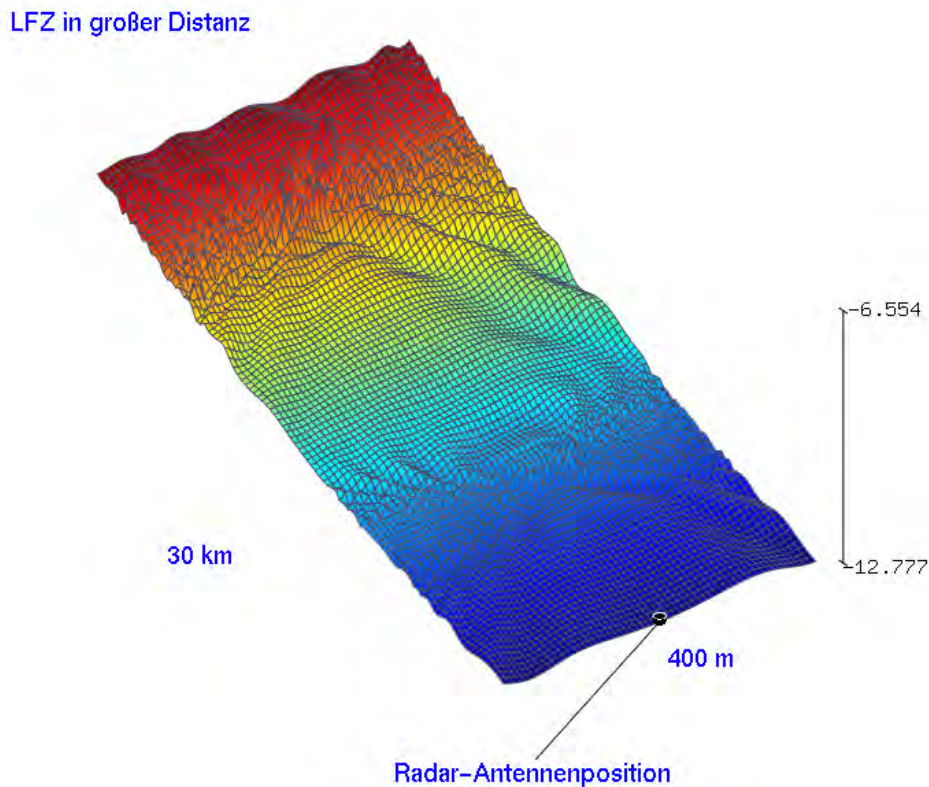


Abbildung 8: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen an den Standorten WEA 7, WEA 5, WEA 6 und WEA 8 unter Berücksichtigung der Vorbelastung als Fünffach-Anordnung im Einflussbereich der Radaranlage Marienbaum.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 8 mit  $-12,777$  dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

**99,13 %.**

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

**Sechsfach-Anordnung** der geplanten Situation gemäß Tabelle 5. Die Analysen werden für die geplanten Standorte **WEA 9, WEA12, WEA 10, WEA 11** und **WEA 1** unter Berücksichtigung der Vorbelastung bei einer mittleren Distanz von ca. 23,88 km gegenüber der Radaranlage Marienbaum durchgeführt.

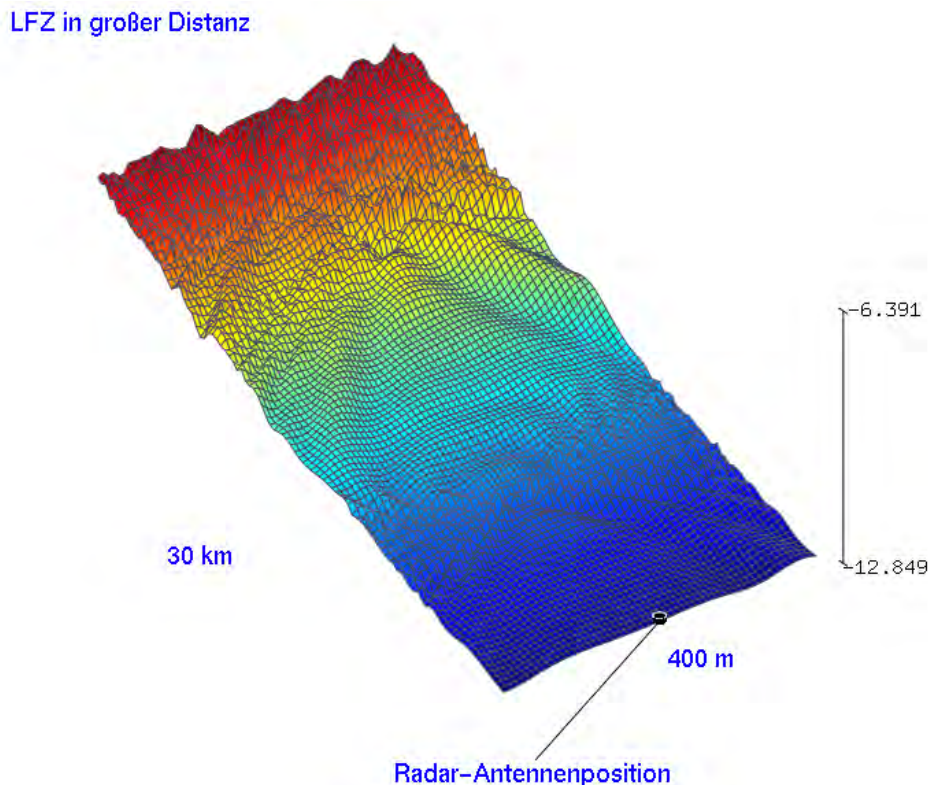


Abbildung 9: Reflexions- und Streufeldausbildung für die geplanten Windenergieanlagen an den Standorten WEA 9, WEA12, WEA 10, WEA 11 und WEA 1 unter Berücksichtigung der Vorbelastung als Sechsfach-Anordnung im Einflussbereich der Radaranlage Marienbaum.

Aus den abgebildeten Werten der Abbildung 9 mit -12,849 dBV/m errechnet sich gegenüber der Referenz gemäß den genannten Kriterien eine Reichweite von

**98,31 %.**

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

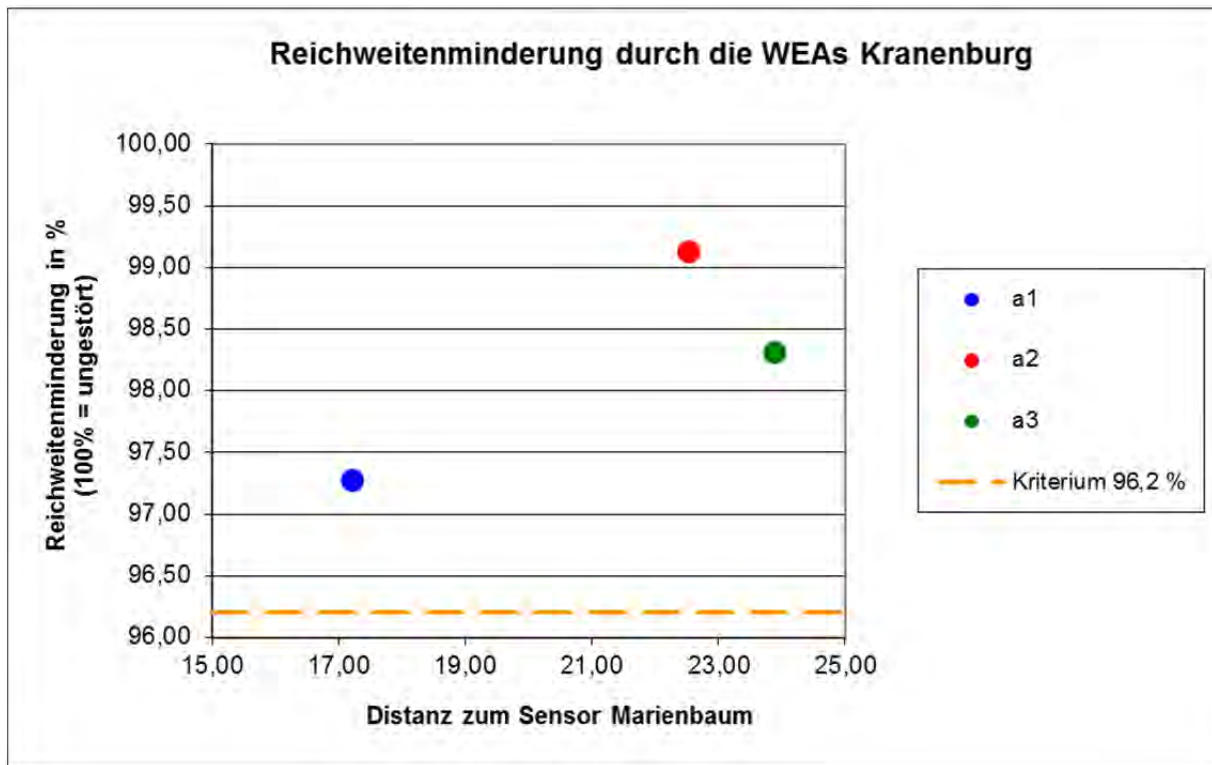


Abbildung 10: Übersicht über die zu erwartende Reichweitenreduktion bei den angegebenen WEA-Konstellationen.

### Beurteilung:

In den Untersuchungen wurden die geplanten WEAs im Gebiet Kranenburg unter Berücksichtigung der vorgelagerten Windenergieanlagen als zukünftige Situation analysiert.

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

Die nachstehende Abbildung 11 gibt die Perspektive der vorhandenen/geplanten Windenergieanlagen über Azimut und Elevation bzgl. der Gondelpositionen für das Radar Marienbaum wieder. Die Bereiche der untersuchten Teilanordnungen sind farbig hinterlegt.

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

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

In der Abbildung 11 ist die Perspektive der untersuchten Teilausschnitte des Windparks über Azimut und Elevation bzgl. der Gondelpositionen für das Radar Marienbaum dargestellt. Die Teilanordnungen mit den stärksten Verdichtungen für die Planungsanlagen sind in der Abbildung 11 durch orange Flächen gekennzeichnet. Die jeweiligen LFZ-Positionen im Azimut sind für die Teilanordnungen schematisch gekennzeichnet.

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

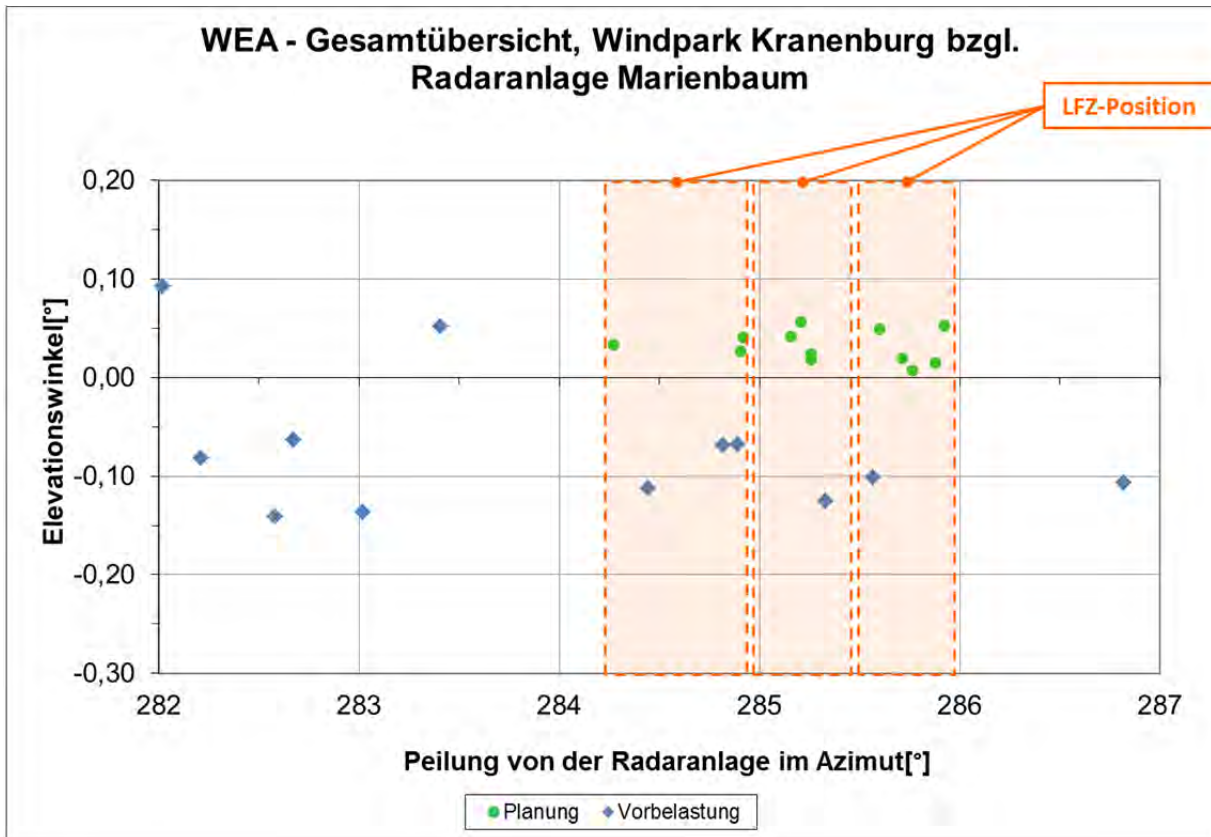


Abbildung 11: Perspektive zur Gondelanordnung gemäß Azimut und Elevation für die Position des Radars Marienbaum. Die Bereiche der analysierten Teilanordnungen sind orange gekennzeichnet.

### 6.3 Bewertung des Gesamteinflusses des Windparks

In den Untersuchungen wurden die geplanten Standorte im Gebiet Kranenburg als zukünftige Situation unter Berücksichtigung der Vorbelastung analysiert.

Die Ergebnisse gemäß dem Kapitel 6.2 zeigen für die geplanten Windenergieanlagen als Vestas V126 mit einer Nabenhöhe von ca. 137 m über Grund für die untersuchten Anordnungen keine Verschattungserscheinungen, die das Reichweitenkriterium von 96,2 % bzgl. der Radaranlage Marienbaum verletzen.

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

Die Abbildung 12 zeigt eine Luftbildaufnahme des Windparkgebietes als Detailansicht der grün gekennzeichneten geplanten radartechnisch zulässigen WEA-Standorte. Die Koordinaten der vorhandenen/geplanten WEAs sowie die jeweiligen Entfernungen, die Elevation und Azimutwinkelbezüge zum Radar Marienbaum sind der Tabelle 6 und Tabelle 7 zu entnehmen.

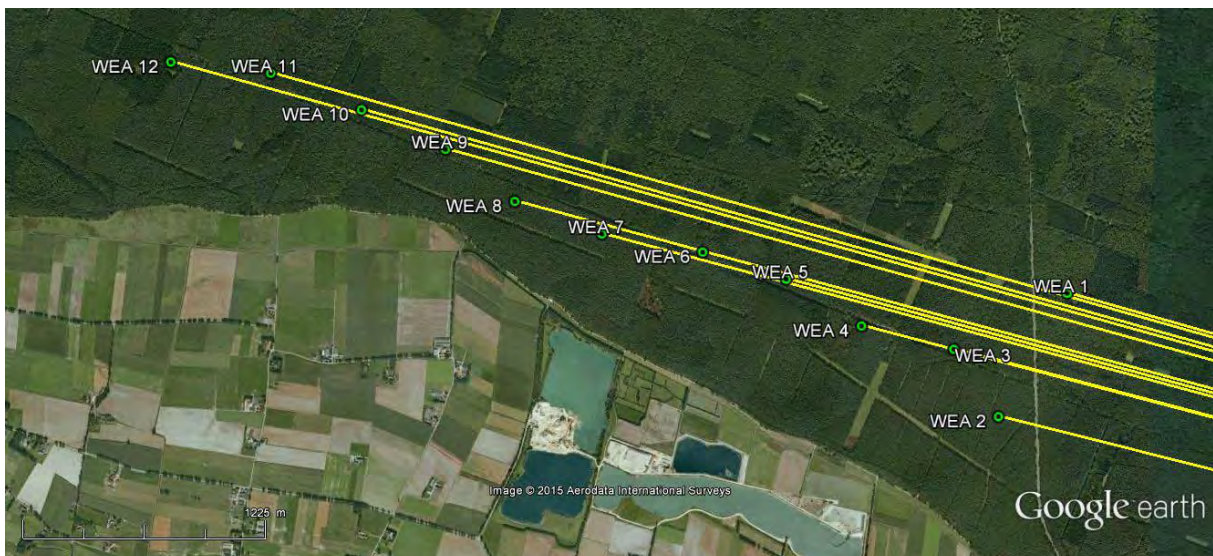


Abbildung 12: Gesamtübersicht des Windparks Kranenburg mit den geplanten Windenergieanlagen (grün). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Marienbaum sind gelb dargestellt.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Geländehöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
<b>Planung</b>								
WEA 1	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 7,22"	6° 2' 20,64"	137	30,37	0,0523	23771,53	285,922
WEA 2	Vestas V126 3,45MW	51° 43' 47,15"	6° 2' 2,87"	137	22,99	0,0331	23942,87	284,2688
WEA 3	Vestas V126 3,45MW	51° 43' 58,09"	6° 1' 51,10"	137	27,21	0,0407	24245,24	284,9166
WEA 4	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 1,85"	6° 1' 26,92"	137	22,84	0,0266	24723,61	284,9058
WEA 5	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 9,44"	6° 1' 7,12"	137	37,27	0,0561	25150,68	285,2058
WEA 6	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 13,81"	6° 0' 45,19"	137	22,23	0,0185	25592,03	285,2556
WEA 7	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 16,70"	6° 0' 18,77"	137	34,5	0,0417	26104,97	285,1579
WEA 8	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 21,97"	5° 59' 55,89"	137	28,09	0,024	26571,15	285,2557
WEA 9	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 30,41"	5° 59' 37,65"	137	41,29	0,049	26976,98	285,6002
WEA 10	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 36,78"	5° 59' 15,69"	137	23,11	0,0071	27435,44	285,7653
WEA 11	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 42,73"	5° 58' 51,71"	137	28,54	0,0148	27927,84	285,8787
WEA 12	Vestas V126 3,45MW	51° 44' 44,43"	5° 58' 25,73"	137	32,36	0,019	28422,32	285,7109

Tabelle 6: Koordinatenübersicht über die analysierte Aufstellung der geplanten Windenergieanlagen (grün). Die grün gekennzeichneten geplanten WEAs sind bzgl. der Radaranlage Marienbaum zulässig.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Geländehöhe [m]	Elevation [°]	Distanz [m]	Winkel [°]
<b>Vorbelastung</b>								
Goch-Pfalzdorf Seewind 110kW	Seewind 110kW	51° 43' 47,26"	6° 9' 46,37"	34,2	32,7	-0,2208	15464,63	292,3081
Goch RPower MD70	RPower MD70	51° 42' 37,33"	6° 11' 58,46"	85	27,75	-0,04	12346,63	287,4289
Uedem/Keppeln Enercon E53 NH73 IBN 11/12	Enercon E-53	51° 41' 36,45"	6° 14' 11,48"	73,3	29,43	-0,0907	9406,29	281,0758
Uedem/Keppeln Enercon E53 NH73 IBN 11/12	Enercon E-53	51° 41' 53,90"	6° 14' 53,54"	73,3	28,23	-0,1008	8742,31	285,5664
Kranenburg Seewind 110kW	Seewind 110kW	51° 45' 55,24"	6° 1' 38,58"	34,2	35,71	-0,1814	25623,43	292,6544
Bedburg-Hau Seewind 110kW	Seewind 110kW	51° 45' 36,01"	6° 8' 38,25"	34,2	34,48	-0,1993	18130,15	300,6396
Bedburg-Hau Seewind kW750 NH75	Seewind kW750	51° 46' 40,00"	6° 13' 46,10"	74	16,09	-0,1363	14806,11	319,1364
Bedburg-Hau N80 NH80	Nordex N80	51° 46' 25,76"	6° 14' 35,36"	80	13,6	-0,1245	13860,51	320,8859
Lindchen D6-01	DeWind D6	51° 41' 56,87"	6° 14' 28,77"	68,5	28,75	-0,1253	9225,37	285,3293
Lindchen D6-02	D6	51° 41' 43,78"	6° 14' 17,61"	68,5	26,12	-0,1407	9336,91	282,5816
Lindchen D6-03	D6	51° 41' 24,32"	6° 13' 56,58"	68,5	26,59	-0,1355	9625,4	278,5545
Lindchen D6-04	D6	51° 42' 3,43"	6° 15' 2,49"	68,5	31,36	-0,1123	8661,28	287,7524
Lindchen D6-05	D6	51° 41' 42,08"	6° 14' 46,08"	68,5	27,58	-0,1361	8791,88	283,0165
Lindchen D6-06	D6	51° 41' 55,69"	6° 15' 18,44"	68,5	32,49	-0,1068	8298,04	286,8162
Lindchen D6-07	D6	51° 42' 26,23"	6° 14' 51,16"	68,5	35,25	-0,0852	9102,07	291,5761
Lindchen D6-08	D6	51° 42' 25,43"	6° 13' 44,91"	68,5	29,32	-0,1159	10288,81	288,8542
Lindchen D6-09	D6	51° 42' 39,01"	6° 14' 19,46"	68,5	31,65	-0,1047	9814,03	292,4262
Lindchen D6-10	D6	51° 42' 39,15"	6° 13' 59,51"	68,5	26,61	-0,1318	10171,12	291,6296
Lindchen D6-11	D6	51° 42' 37,01"	6° 13' 27,47"	68,5	27,34	-0,1247	10723,23	290,0946
Lindchen D6-12	D6	51° 42' 57,60"	6° 13' 3,30"	68,5	33,55	-0,0905	11384,9	292,3141
Lindchen D6-13	D6	51° 43' 12,39"	6° 13' 1,60"	68,5	33,43	-0,0909	11594,7	294,3496
Lindchen D6-1250	D6	51° 42' 49,55"	6° 13' 18,21"	68	27,25	-0,1264	11026,67	291,6761
Uedem-Keppeln Seewind 110kW	Seewind 110kW	51° 42' 3,93"	6° 14' 5,79"	31,2	29,69	-0,3368	9708,91	285,8909
WEA Hourons	unbekannt	51° 34' 5,35"	6° 10' 40,93"	70	16,51	-0,1431	18010,08	227,5875
Goch am Rhein MM92 NH100 IBN10, Keppelner	Repower MM92	51° 42' 1,66"	6° 12' 45,95"	100	29,85	0,0517	11176,12	283,4064
Goch Pfalzdorf MM82 NH80 IBN 07/09	Senvion MM82	51° 42' 24,09"	6° 11' 27,83"	80	26,91	-0,0678	12799,44	284,8925
Goch Pfalzdorf MM82 NH80 IBN 07/09	Senvion MM82	51° 42' 8,99"	6° 11' 18,40"	80	28,05	-0,0628	12865,67	282,6718
Goch Pfalzdorf II MM82 NH80 IBN 03/11	Repower MM82	51° 42' 2,29"	6° 11' 43,10"	80	23,7	-0,0821	12358,16	282,2095
Goch-Pfalzdorf E40/6.44 NH78	Enercon E40/6.44	51° 41' 25,75"	6° 12' 40,47"	78	30,81	-0,056	11079,4	277,6717
Goch-Pfalzdorf E40/6.44 NH78	Enercon E40/6.44	51° 41' 16,75"	6° 12' 45,17"	78	26,97	-0,0759	10956,63	276,288
Goch E70-E4 2300kW NH113 IBN11/11	Enercon E70-E4 2300kW	51° 41' 59,32"	6° 11' 55,53"	113,5	27,18	0,093	12105,61	282,0199
Goch Pfalzdorf E70-E4 2300kW NH65 IBN11/10	Enercon E70-E4 2300kW	51° 43' 4,34"	6° 13' 0,26"	64	36,93	-0,096	11518,74	293,166
Goch V52-900 NH74 (Höst Vornicker-Weg Weez	Vestas V52-900	51° 39' 49,18"	6° 11' 20,26"	74	15,67	-0,1458	12618,99	263,1296
Uedem/Keppeln Enercon E53 NH73 IBN 06/13 (T	Enercon E-53	51° 41' 50,80"	6° 14' 37,12"	73,3	26,24	-0,1122	9022,52	284,4445
Uedem/Keppeln Enercon E53 NH73 IBN 2014? (	Enercon E-53	51° 41' 48,67"	6° 15' 2,25"	73,3	33,19	-0,0685	8538,77	284,8179

Tabelle 7: Koordinatenübersicht über die berücksichtigte Vorbelastung (blau).

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



Die Abbildung 13 zeigt eine Übersicht zur Anordnung bzgl. der Elevation und Azimut der WEA-Gondeln bzgl. der militärischen Radaranlage Marienbaum.

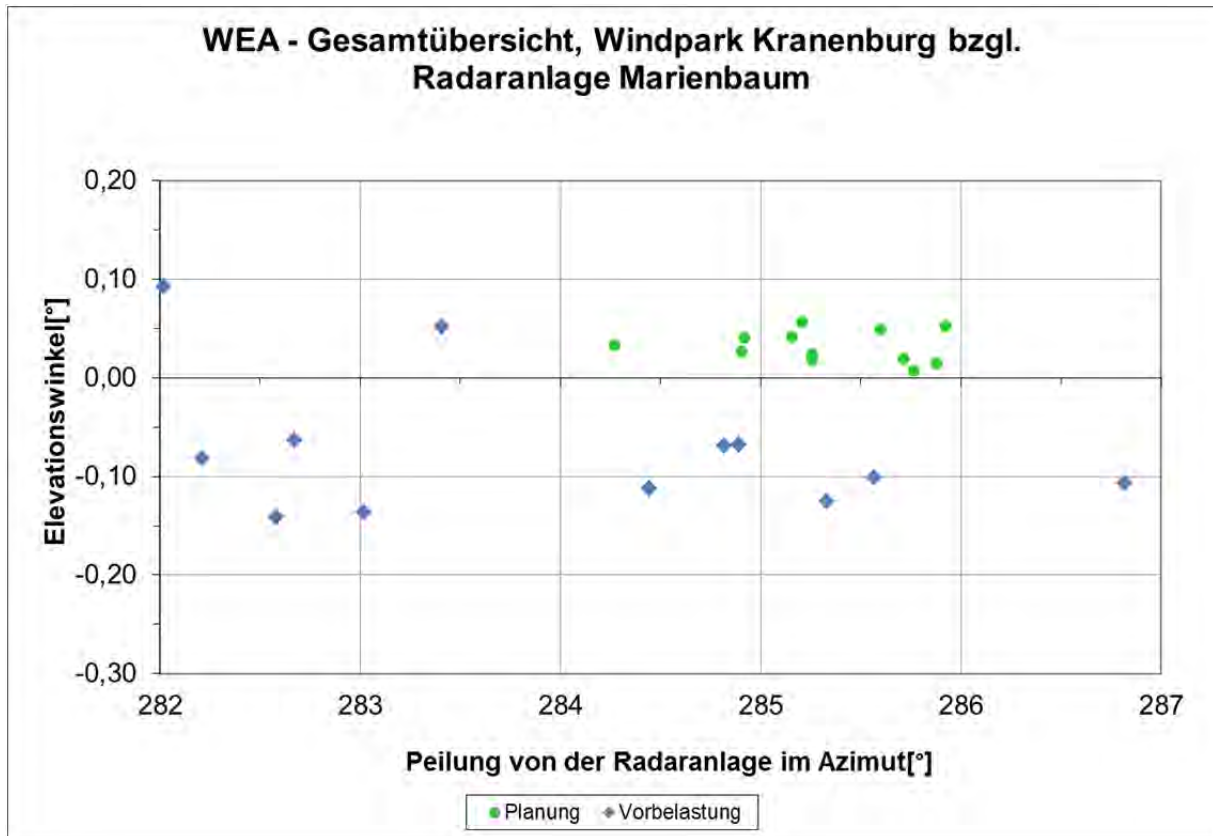


Abbildung 13: Perspektive zur Gondelanordnung der WEAs gemäß Azimut und Elevation für die Position der Radarantenne in Marienbaum.

## Anhang A: Abkürzungen

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