

Koordinaten und Anlagenhöhen

Anlagentyp: Nordex N149 / 4.0-4.5

Standort	RD [m]	NH [m]	Gelände- höhe über NN [m]	Maximale GH der WEA über Fundament [m]	Maximale GH der WEA über NN [m]	Gauß - Krüger (Bessel- Ellipsoid), gerundet		UTM/ETRS89-Koordinaten gerundet		Geographische Koordinaten - nach WGS-84 - gerundet	
						x - Wert	y - Wert	R - Wert	H - Wert	Ost	Nord
WEA 1	149,1	125	97,71	198,8	297,81	3309020	5648781	32309023	5646963	E- 6° 16' 53,38''	N- 50° 56' 33,42''
WEA 2	149,1	125	88,42	198,8	288,52	3308381	5648442	32308384,2	5646624,9	E- 6° 16' 21,32''	N- 50° 56' 21,73''
WEA 3	149,1	125	102,10	198,8	302,20	3309193	5646528	32309196	5644711	E- 6° 17' 06,48''	N- 50° 55' 20,80''

WEA: Windenergieanlage

RD: Rotordurchmesser

NH: Nabenhöhe

GH: Gesamthöhe

Stand: 20.08.2019

Datenblatt für die Beteiligung der zivilen und militärischen Luftfahrtbehörden

Windpark Jülich-Barmen-Merzenhausen

Angaben zum Antragsteller/ Kostenschuldner

Name und Anschrift: Energiekontor AG, Mary-Somerville-Str. 5, 28359 Bremen

Telefonnummer/ Emailadresse: Niederlassung Aachen, 0241/701926-15, steffen.zahr@energiekontor.de

Angaben zum geplanten Standort und Art der Anlagen:

Standort(PLZ/Ort/Gemarkung): 52428 Jülich - Gemarkung Barmen (WEA 1) und Gemarkung Merzenhausen (WEA 2 & WEA 3)

Anlagentyp/Leistung: Nordex N149/4.0-4.5; 4.500 kW Nabenhöhe: 125 m Rotordurchmesser: 149,1 m

Bauweise: Stahlrohrturm

Angaben zu jeder einzelnen Windkraftanlage:

Bezeichnung (z.B. WEA 1)	Standort (Flur/Flurstück)	Koordinaten (in WGS84 - Grad/Min./Sek.)		max. Höhe der WKA in Meter über Fundament	Natürliche Geländehöhe in Meter über NN	Höhe Fundament- oberkante in Meter über NN	Max. Höhe der WKA in Meter über NN
		X_WGS84	Y_WGS84				
WEA 1	Flur 2, Fs 130	6° 16' 53,38"	50° 56' 33,42"	198,80	97,71	98,81	297,81
WEA 2	Flur 1, Fs 49	6° 16' 21,32"	50° 56' 21,73"	198,80	88,42	89,52	288,52
WEA 3	Flur 6, Fs 244	6° 17' 06,48"	50° 55' 20,80"	198,80	102,10	103,20	302,20

Energiekontor AG

Mary-Somerville-Straße 5

28359 Bremen

Tel.: 04 21 - 33 04-0

Fax: 04 21 - 33 04-444

Ort/ Datum: Bremen, den 03.04.2019

Stempel/Unterschrift: _____



Energiekontor AG
Büro Aachen
z. Hd. Frau Kratzenberg
Ritterstraße 12 a
52072 Aachen

Per Mail an:
Silvia.kratzenberg@energiekontor.com

Aktenzeichen
Infra I 3–45-60-00/III-503-18-VAF

Bearbeiter/-in
Herr von den Driesch

Bonn,
13. Mai 2019

BETREFF Voranfrage zur Errichtung von drei Windenergieanlagen vom Typ Nordex N-149 im Windpark Jülich-Bar-
men-Merzenhausen
hier: Stellungnahme der Bundeswehr

BEZUG 1. Ihre Anfrage vom 26.11.2018 - Ihr Zeichen: ohne

Sehr geehrte Damen und Herren,

die Bundeswehr unterstützt den Ausbau erneuerbarer Energien soweit mili-
tärische Belange nicht entgegenstehen. Windenergieanlagen (WEA) kön-
nen grundsätzlich militärische Interessen, z.B. militärische Richtfunkstre-
cken oder den militärischen Luftverkehr berühren und beeinträchtigen.

Aufgrund Ihres Schreibens vom 26. November 2018 wurde das Vorhaben
geprüft.

Militärische Belange werden durch die WEA berührt jedoch eventuell beein-
trächtigt.

Die beantragten WEA liegen ca. 16 km östlich des Flugplatz Geilenkirchen
und leicht südlich der Anfluggrundlinie RWY 27, innerhalb des Zuständig-
keitsbereiches Geilenkirchen.

Mit einer Höhe von maximal 304 m NHN sind keine Verfahren betroffen.

Eine FS-technische Bewertung nach § 18a Luftverkehrsgesetz (LuftVG)
konnte in dem vorliegenden Verfahren nicht durchgeführt werden.

Hierbei kann es zu Auflagen, wie zum Beispiel den Einsatz einer sogenann-
ten „bedarfsgerechten Steuerung“ für einzelne oder auch alle WEA, wie
auch zu Ablehnungen der WEA kommen.

Die von Ihnen vorgelegte Planung wäre in einem offiziellen Verfahren, je-
doch ohne hierzu bereits eine Aussage nach § 18a LuftVG getroffen zu ha-
ben, genehmigungsfähig.



Diese Stellungnahme / Bewertung ist nur eine Momentbetrachtung unter Berücksichtigung der gegenwärtigen Situation im Bereich ihrer Voranfrage / Planung, die bei einer Veränderung der Sach- und Rechtslage ihre Gültigkeit verliert.

Die Beantwortung Ihrer Anfrage ist als unverbindlich anzusehen und erfolgt unter dem Vorbehalt einer gleichbleibenden Sach- und Rechtslage.

Weitere Anfragen zu diesem Vorhaben mit veränderten Anlagentypen oder Parametern werden außerhalb des offiziellen Verfahrens nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) nicht beantwortet.

Eine rechtsverbindliche Stellungnahme der Bundeswehr ist nur über den Antrag zur Genehmigung und Errichtung von Windenergieanlagen nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) oder einen entsprechenden Antrag auf Vorbescheid nach dem BImSchG zu erwirken.

Bitte geben Sie im konkreten Verfahren nach dem BImSchG zwingend unser Aktenzeichen III-503-18-VAF an und bitten Sie die Planungs- beziehungsweise Genehmigungsbehörde dieses in der Korrespondenz mit der Bundeswehr mit anzugeben.

Hierdurch kann gegebenenfalls die Erarbeitung einer Stellungnahme erleichtert werden.

Mit freundlichen Grüßen
Im Auftrag

(im Entwurf gezeichnet)
von den Driesch

Signaturtechnisches Gutachten
zur Planung von Windenergieanlagen
im Gebiet Jülich-Barmen-Merzenhausen
im Einflussbereich der
militärischen Radaranlage Geilenkirchen

technischer Abschluss 16.04.2019

Gutachten Nr.: TEATE-026/19

Auftraggeber:

Energiekontor AG

Ritterstraße 12a

D- 52072 Aachen

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 75 mit dem Anhang A.

Inhaltsverzeichnis:

1	Vorbemerkung	3
2	Zielsetzung FS-Radar Geilenkirchen	3
3	Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse	14
4	Aufgabenbeschreibung FS-Radar Geilenkirchen.....	25
5	Untersuchungsverfahren FS-Radar Geilenkirchen	28
6	Radarquerschnittanalyse	31
6.1	Ermittlung des RQS der WEA.....	33
7	Bewertung des Gesamteinflusses der WEA-Gruppe bzgl. „Störzellen“	38
7.1	Betrachtung der Windrichtung I (Bereich um 250°).....	42
7.1.1	Situation „Planung“.....	42
7.1.2	Situation „Bestand“	45
7.1.3	Zusammenfassende Beurteilung der verschiedenen Überflugs- Szenarien für die Windrichtung I:	48
7.2	Betrachtung der Windrichtung II (Bereich um 110°).....	54
7.2.1	Situation „Bestand“	54
7.2.2	Situation „Abschaltung“	57
7.2.3	Situation „Abschaltung incl. Bestand“.....	60
7.2.4	Situation „Abschaltung + Drehzahlreduzierung“ Fehler! Textmarke nicht definiert.	
7.2.5	Zusammenfassende Beurteilung der verschiedenen Überflugs- Szenarien für die Windrichtung II:	63
8	CFAR-Algorithmus / „Schwellwert-Anhebung“	69
9	Informative Darstellung der Bewertung der Planung mit der Software, die von der Bundeswehr verwendet wird.....	72
	Anhang A: Abkürzungen in diesem Dokument	75

1 Vorbemerkung

Das vorliegende Gutachten fasst die Erkenntnisse und den technischen Stand der fachlichen Abstimmung mit den Entscheidungsträgern des Luftfahrtamtes der Bundeswehr -insbesondere die militärischen Flugsicherung bzw. des Radar- Einsatzführungsdienstes der Luftwaffe- zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes zusammen. Nachstehend erfolgt zunächst die Darstellung der technischen Zielsetzungen des Radarsystems sowie die Gesamtbeurteilung der Ergebnisse zum Flugsicherungsradar (FS-Radar) Geilenkirchen gemäß Kapitel 4 bis 7.

2 Zielsetzung FS-Radar Geilenkirchen

Das vorliegende Gutachten bewertet bzgl. der Radaranlage ASR- S am Flugplatz Geilenkirchen die radartechnischen Störwirkungen des Windparks Jülich-Barmen-Merzenhausen bezüglich drei geplanter Windenergieanlagen vom Typ Nordex N149/4.0-4.5 mit einer Nabenhöhe von 125 m unter Berücksichtigung von Bestandsanlagen im Richtungsbezug im Hinblick auf die Möglichkeit von Flugzielverlusten im Falle eines Überfluges über die untersuchte geplante Windenergieanlagenanordnung. Die geplanten Windenergieanlagen im WP Jülich-Barmen-Merzenhausen befinden sich östlich des Radarstandortes Geilenkirchen in einer durchschnittlichen Entfernung von ca. 17,2 km.

Der Schwerpunkt der Untersuchung besteht in der Analyse der verschiedenen technischen Möglichkeiten im Zusammenhang mit der bedarfsorientierten Fremdsteuerung von WEA. Es werden dabei zusätzlich verschiedene Rotororientierungen und die damit verbundenen unterschiedlichen Reflexionscharakteristika bewertet.

Die Untersuchung führt einen relativen Vergleich zwischen einem angenommenen WEA-Stillstand sowie einem WEA-Langsamtrieb im Rahmen der bedarfsorientierten Fremdsteuerung der WEAs durch. Einbezogen wird dabei die Richtungscharakteristik des konkreten WEA-Fabrikats bzw. Typs auf der Grundlage von Konstruktionsdaten der Hersteller.

Das Ergebnis in der vorliegenden gutachterlichen Untersuchung ist eine Aussage zum für die Fluglotsen relevanten LFZ-Trackverlust in der Radardarstellung für ein überquerendes LFZ, im Bereich der WEA-Anordnung. Die Bewertung der Zellenbelastung – DCM-Zellen – erfolgt dabei informativ zu Vergleichszwecken bzgl. des beim LufABw vorhandenen Bewertungstools.

Im Rahmen des Gutachtens werden die Analysen im Hinblick auf die DCM - Zellenbelastung sowie auf den Trackverlust mit messtechnisch verifizierten individuellen WEA-RQS-Daten durchgeführt, die sehr umfassend über das Radar ASR 910 sowie in ersten Messkampagnen durch Datenaufzeichnungen auch am neuen Radar ASR-S verifiziert worden sind.

Die DCM-Zellenbewertung – inkl. des Tools bei der Bundeswehr – ermöglicht nur eine Aussage über die Intensität und die räumlichen Ausdehnung der zu erwartenden Einflüsse durch WEAs auf die „Cluttermap“. Sie gibt keine unmittelbare Aussage über die Wahrscheinlichkeit und zeitliche Dauer eines LFZ-Trackverlustes für einen ausgewählten Flugweg.

Das im Gutachten dargestellte Ergebnis zum LFZ-Trackverlust ist dagegen das entscheidende für den Fluglotsen beobachtbare und relevante Ereignis, diese erfolgt im Rahmen der gutachterlichen Untersuchung durch weiterführende Berechnungen zu einem überfliegenden LFZ im Bereich der WEA-Anordnung.

Weiter erfolgt bei den im Gutachten ausgewiesenen Ergebnissen im Zusammenhang mit der LFZ-Überquerung ein Vergleich zwischen dem

- a. LFZ-Trackverlust für einen WEA-Stillstand (=WEA ist abgeschaltet) durch eine bedarfsorientierte Fremdsteuerung und dem
- b. LFZ-Trackverlust für eine mit ausreichend reduzierter Rotordrehzahl betriebene WEA im Rahmen der bedarfsorientierten Fremdsteuerung.

Auf der Grundlage eines Feldversuchs zur Ermittlung absoluter Werte zum LFZ-Trackverlust unabhängig von der bedarfsorientierten Fremdsteuerung können sich geringfügig abweichende Ergebnisse zeigen, da das Gutachten als „Worst-Case“-Analyse auf einer vollständigen metallischen Reflexionsintensität der Rotorblätter basiert. In der Realität ist von einer geringeren Reflexionsintensität der Rotorblätter auszugehen, die günstigere Ergebnisse zur Reflexionsintensität und ggf. günstigere Werte für die DCM- Zellenbelastung und den Trackverlust bedeutet.

Folgende Fallunterscheidungen erfolgen in diesem Zusammenhang:

- Bestand : Alle als Bestand gekennzeichneten WEA wurden als aktiv berücksichtigt
- Planung : Alle als Bestand und alle als Planung gekennzeichneten WEA wurden als aktiv berücksichtigt
- Planung opt. : Alle als Bestand gekennzeichneten WEA wurden als aktiv berücksichtigt. Die Planungsanlagen wurden **mit einer Rotordrehzahl von maximal 2,8 rpm** berücksichtigt.

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

Es wird im Ergebnis ermittelt, welche Maßnahmen unter Berücksichtigung der Rotorausrichtung und Drehzahlreduzierung einzelner Anlagen eine vergleichbare Situation gegenüber der Abschaltung von WEA darstellt.

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

Das Gutachten dient zur Vorlage und als Entscheidungsgrundlage im Rahmen des Genehmigungsverfahrens bei dem zuständigen BAIUDBw (Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr) sowie dem Luftfahrtamt der Bundeswehr als „als technisch zuständig“ für die FS-Radaranlage auf der Liegenschaft in Geilenkirchen. Als Bezugsradarsystem wird das ASR-S herangezogen. Eine Bewertung der Radaranlage erfolgt nicht. Die angewandten Kriterien setzen voraus, dass eine transpondergestützte Filterung von Windenergieanlagen zur Unterscheidung von Flugzielen durch den Radarsensor – wie es bei digitalen Radarsystemen zur Flugsicherung möglich ist – nicht erfolgt und sind damit auf alle Radarsysteme dieses Typs oder vergleichbarer Systeme anwendbar.

Ergänzend erfolgt im Rahmen des Gutachtens die Anwendung des Bewertungstools, das beim Luftfahrtamt der Bundeswehr zurzeit genutzt wird, um die WEA-Belastung der DCM - Doppler-Clutter-Map – Zellen darzustellen. Eine Bewertung der Darstellungswahrscheinlichkeit für eine vorgegebene LFZ- Spur -Track- bei der Windparküberquerung erfolgt mit dem Tool nicht, da es nur eine pauschale Grundsatzinformation angibt ohne Berücksichtigung der konkreten WEA- Typen und Rotorblattcharakteristika, sowie ohne Prüfung eines konkreten LFZ-Überfluges.

Eine Überprüfung der Anforderungen der Hindernisfreiheit gemäß der ICAO – Convention Annex 14 –, die die grundsätzlich zulässige Bauhöhe von Objekten beliebiger Art festlegt, erfolgt im Rahmen des Gutachtens nicht. Diese ist für jeden Umgebungsort eines Flugplatzes festgelegt und unveränderlich. Sie dient dem Schutz von Luftfahrzeugen im Flug und steht nicht im Zusammenhang mit der radar-technischen Problematik, die Gegenstand des Gutachtens ist.

Vorbemerkung zur Wechselwirkung zwischen WEA und Radaranlagen der militärischen Flugsicherung

Die Analyse eines möglichen Störpotentials durch die Planung von drei Windenergieanlagen vom Typ Nordex N149/4.0-4.5 im Gebiet Jülich-Barmen-Merzenhausen, östlich der Liegenschaft Geilenkirchen im Nahbereich der militärischen Flugsicherungsanlagen, wurde erforderlich aufgrund von Bedenken der zuständigen Genehmigungsbehörden, insbesondere der militärischen Flugsicherung.

Konkret wird durch die Bundeswehr die technische Forderung erhoben, WEA mit einer Steuerfunktion auszurüsten. Diese Lösung, bei der verschiedene Möglichkeiten, die WEA in einen für das Radar störungsfreien Zustand zu versetzen werden im Gutachten untersucht.

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

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

- Dabei erfolgte an verschiedenen militärischen Flugplätzen die Aufzeichnung von Störeinflüssen von Windenergieanlagen auf das Radarsystem ASR 910 über einen langen Zeitraum unter sehr unterschiedlichen Wetter- bzw. Windbedingungen. Durch diese Ergebnisse konnten verschiedenen Windenergieanlagentypen unterschiedliche Störpotentiale bzw. Störhäufigkeiten zugeordnet werden.

- Auf der Grundlage von Auswertungen zu WEA-Darstellungs- bzw. Störhäufigkeiten sowie auf der Grundlage der Auswertung von LFZ-Überquerungen über WEA-Anordnungen konnten Kriterien für radartechnisch zulässige Anordnungen am Beispiel vorhandener Windenergieanlagenanordnungen und WEA-Typen festgelegt werden.

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

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

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

- a. Jede Windenergieanlage, unabhängig von ihrer Dimension und Rotorblattform, erzeugt mit einer individuellen Häufigkeit auf dem Radarschirm eine ortsfeste Zieldarstellung. In der Umgebung eines Radaranlagenstandortes sind über diese Erscheinung prinzipiell alle vorhandenen Windenergieanlagen sichtbar. Beim ASR-S ist die Darstellung dieser Plots üblicherweise nicht eingeschaltet. Die Darstellungshäufigkeit von WEAs ist somit kein direktes Maß für deren Störwirkung. In der Umgebung des Flugplatzes bzw. im Überwachungsbereich des Radars ist bereits eine größere Anzahl von Windenergieanlagen vorhanden. Zusätzliche Windenergieanlagen können beim ASR-S zu LFZ-Plotausfällen so-

wie hierdurch bedingte Trackabbrücke generieren. In seltenen Fällen können WEA-Plots zu einer Trackablenkung bzw. Falschtracks führen.

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

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

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

In diesem Zusammenhang kann festgestellt werden, dass abhängig von der Verweildauer eines LFZs im Fall des Überfluges im entsprechend betroffenen Luftraumgebiet oberhalb einzelner WEAs oder kleiner isoliert stehender Wind-

parks diese nicht zwangsläufig als Ursache entsprechender Störungen wirksam werden, wenn die Verweildauer eines LFZ oberhalb dieses Gebietes geringer ist als drei Antennenumdrehungszeiten.

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

- Abschlussbericht: Einfluss von Hindernissen auf HF-gestützte Führungsmittel vom 15.02.2004
- Feldstudie RAF AWC „The Effects of Wind turbine Farms on ATC Radar“ vom 10.05.2005
- Messtechnische Untersuchung an Windenergie rotorblättern zur Ermittlung von reflexionsdämpfenden Möglichkeiten vom 04.06.2003 und 15.01.2004.
- Report DoD USA „ THE EFFECES OF WIND TURBINE FARMS ON MILITARY READINESS 2006“
- aktuelle Empfehlungen von EUROCONTROL gemäß Doc ID 0.3 vom 18.05.2008
- BMVg IT 4 – Schutzbereich von Funkstellen (allgemeiner Umdruck Nr. 51)
- Besprechung und Vortrag bei „EUROCONTROL / Wind energy task group“ vom 01.03.2006 „Potential effects of wind turbines and justiciable solutions“.
- Technische Dokumentation zum 2D-Radar „ASR-S“ des Herstellers
- Technische Dokumentation des AFSBw zum ASR 910
- Ergebnisse einer BMU-Studie zum Störeinfluss von WEAs auf Radarsysteme zur Flugsicherung – Ergebnispräsentation von 09.12.2008 .
- ICAO EUR Doc. 15 2nd Edition, September 2009
- ICAO – Doc 8071 – Manual on Testing of Radio Navigation Aids; Vol. III
- EUROCONTROL-Doc. “Assessment Methodology to Determine the Impact of Wind Turbines on ATC Surveillance Systems, Edition Number 0.4 (3.2.3 ff)”
- EUROCONTROL-Doc. "Wind farm impact assessment technique and mitigation measures, Edition 0.5
- Besprechung mit AFSBw im Rahmen des BMU – Fördervorhabens „ Fortführung WEA – Radarverträglichkeit“ vom 11.+12.05.2010

- Eurocontrol “ Guidelines from Wind turbine task force “ Version 1.0 from May 2010
- Abschlussbericht des BMU-Fördervorhaben „Fortführung WEA – Radarverträglichkeit“ von September 2011
- Datenaufzeichnung und Auswertung am Radar in Wittmund‘ vom Typ ASR-S am Beispiel eines vorhandenen Windparks im Dezember 2015
- Besprechung beim Luftfahrtamt der Bundeswehr Referat 3 II e bzgl. der Bewertung für das ASR-S vom 19.01.2016
- Datenaufzeichnung und Auswertung am Radar in Schleswig vom Typ ASR-S am Beispiel zweier vorhandener Windparks im Juli 2016
- Stellungnahme des BMVg mit der Beschreibung des erforderlichen Zustandes der WEA vom 05. Februar 2018 im Rahmen der bedarfsgerechten Steuerung

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

Zur Bewertungsmethodik und Zielsetzung der Analysen:

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

I.

Die Bewertung der WEAs erfolgt unter der Maßgabe, dass die zu betrachtenden durch WEAs beeinflussten Zellen in einem definierten Polar Flächenraster (DCM-Zellen) vorliegen, welcher auf den Radarstandort ausgerichtet ist. Beim ASR-S weist jede dieser DCM-Zellen in einer Entfernung zwischen 10,5 km und 70 km zum Radargerät 299,7 m x 1,8° auf. Bei Entfernungen von weniger als 10,5 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen 299,7 m x 3,6°.

II:

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

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

III.

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

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

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

Bei Radaranlagen der Flugsicherung wird für eine sichere Flugzielerfassung eine Wahrscheinlichkeit ($P_{D\text{ LFZ}}$) von mindestens 90 % gefordert.

Der oben gewählte Ansatz stellt im Hinblick auf die Bewertung von Überflügen über WEA einen Worst-case Ansatz dar. Dabei wird die Wahrscheinlichkeit der Trackdarstellung für einen gegebenen Flugpfad durch das Radar untersucht bis zu einem ggf. möglichen Trackverlust. In diesem Zusammenhang wird die bisherige Situation, sowie die ggf. durch die Planung veränderte Situation vergleichend bewertet.

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

3 Gesamtbeurteilung/Zusammenfassung der Ergebnisse

Ergebnisse für die WP-Planung bzgl. des Radars Geilenkirchen:

Der Einfluss der projizierten WEA ist unter Berücksichtigung des benachbarten WEA-Bestandes unter den Merkmalen der Signalverarbeitung des ASR-S nach Herstellerinformationen geprüft worden.

Der für dieses Gutachten somit verwendete Bewertungsalgorithmus für die Berechnung der Belastung von DCM- Zellen basiert auf vom Gerätehersteller zur Verfügung gestellten Informationen und stellt die zurzeit bestmögliche und präziseste Nachbildung der im Radargerät implementierten Software dar.

Um eine Situation sicherzustellen, die auch bei Errichtung der geplanten WEA für die Radaranlage in Geilenkirchen eine der bisherigen Betriebssituation nahezu gleichwertige Beeinflussung schafft, ist die nachstehende Anordnung nach Abbildung 1 und Abbildung 2 sowie Tabelle 1 radartechnisch zulässig, wenn die Rotordrehzahl der Planungsanlagen in bestimmten Windrichtungsbereichen auf maximal 2,8 rpm begrenzt wird. Siehe dazu Abbildung 3.

Wenn die geplanten Windkraftanlagen (grün) vom Typ Nordex N149/4.0-4.5 mit 125 m Nabenhöhe, unter Berücksichtigung des weiteren benachbarten WEA-Bestandes, in bestimmten Windrichtungsbereichen -roter Orientierungsbereiche gemäß Abbildung 3 - mit einer maximalen Rotordrehzahl von 2,8 rpm betrieben werden, ist eine dem „Trudelbetrieb“ oder WEA-Stillstand gleichwertige Beeinflussung gegeben.

Ob dieser reduzierte WEA-Betrieb im Rahmen einer bedarfsgerechten Steuerung seitens der Bundeswehr erfolgt, oder permanent durch eine entsprechende Programmierung der WEA sicher gestellt wird, ist für das Ergebnis gleichwertig.

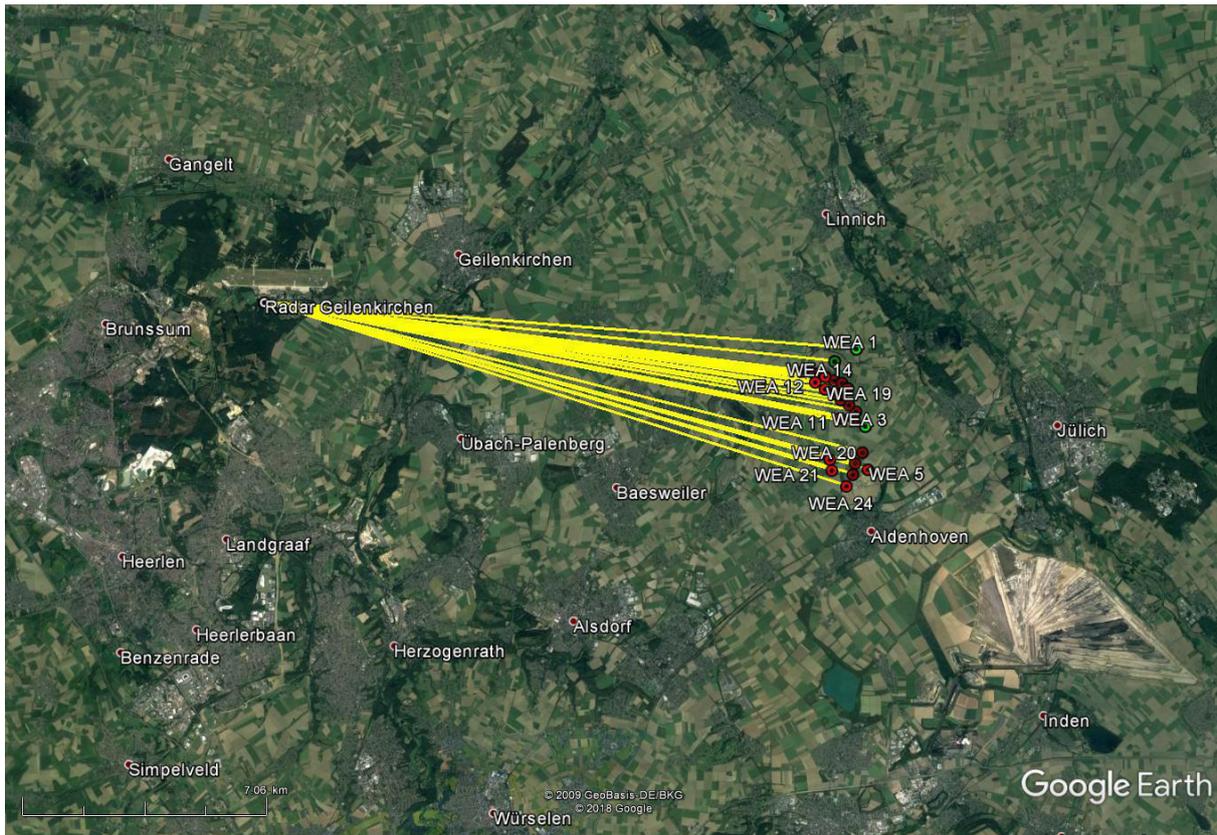


Abbildung 1: Übersicht der geplanten Windenergieanlagen (grün) und des Bestandes (rot) im Richtungsbezug. Die Bezeichnungen von WEA sind hier teilweise nicht eingeblendet um eine bessere Übersicht über die Gesamtsituation sicherzustellen. Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Geilenkirchen sind gelb dargestellt.

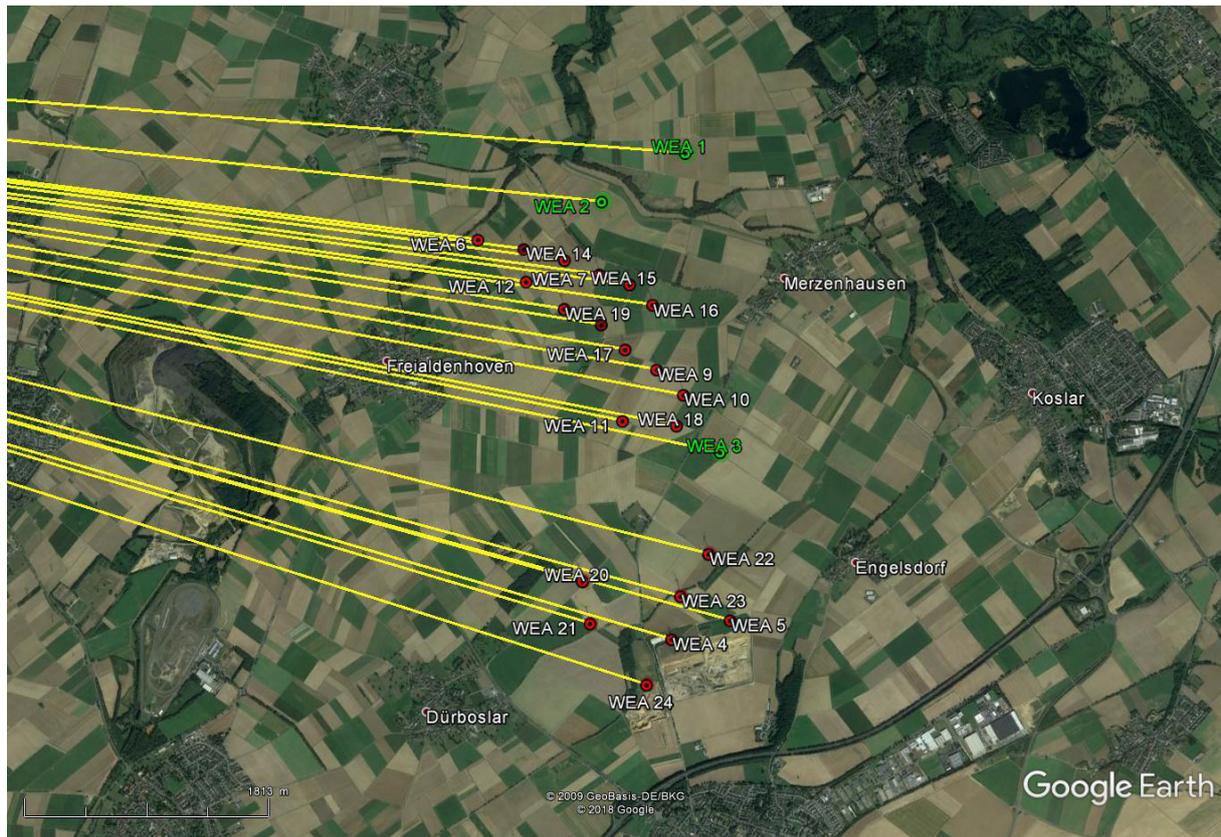


Abbildung 2: Detailübersicht der geplanten Windenergieanlagen (grün) und des Bestandes (rot). Die Einstrahlungsrichtungen bzgl. der Radaranlage Geilenkirchen sind gelb dargestellt.

Standort	Anlage	WGS 84 Nord	WGS 84 Ost	Nabenhöhe [m]	Geländehöhe [m]	Distanz [m]	Winkel [°]
Planung							
WEA 1	Nordex N149/4.0-4.5	50° 56' 33,42"	6° 16' 53,38"	125,00	97,71	17169,86	94,400
WEA 2	Nordex N149/4.0-4.5	50° 56' 21,73"	6° 16' 21,32"	125,00	88,42	16579,87	95,817
WEA 3	Nordex N149/4.0-4.5	50° 55' 20,80"	6° 17' 6,48"	125,00	102,10	17743,42	101,576
Bestand							
WEA 4	Senvion MD77	50° 54' 35,49"	6° 16' 47,91"	85,00	110,97	17732,75	106,249
WEA 5	Senvion MD77	50° 54' 40,08"	6° 17' 10,20"	85,00	108,55	18112,14	105,429
WEA 6	GE WIND ENERGY 1.5 sl	50° 56' 12,48"	6° 15' 34,01"	100,00	94,94	15695,65	97,207
WEA 7	GE WIND ENERGY 1.5 sl	50° 56' 4,00"	6° 16' 20,48"	100,00	92,26	16629,81	97,701
WEA 8	GE WIND ENERGY 1.5 sl	50° 55' 51,81"	6° 16' 21,19"	100,00	98,82	16699,34	98,975
WEA 9	GE WIND ENERGY 1.5 sl	50° 55' 40,90"	6° 16' 42,30"	100,00	98,97	17162,08	99,867
WEA 10	GE WIND ENERGY 1.5 sl	50° 55' 34,76"	6° 16' 52,55"	100,00	99,31	17392,98	100,367
WEA 11	GE WIND ENERGY 1.5 sl	50° 55' 28,46"	6° 16' 29,26"	100,00	102,36	16983,68	101,294
WEA 12	GE WIND ENERGY 1.5 sl	50° 56' 2,27"	6° 15' 52,47"	100,00	98,98	16095,86	98,156
WEA 13	GE WIND ENERGY 1.5 sl	50° 56' 10,19"	6° 15' 51,56"	100,00	96,53	16044,60	97,301
WEA 14	GE WIND ENERGY 1.5 sl	50° 56' 7,48"	6° 16' 7,13"	100,00	97,08	16357,00	97,453
WEA 15	GE WIND ENERGY 1.5 sl	50° 56' 1,54"	6° 16' 32,01"	100,00	94,11	16863,31	97,852
WEA 16	GE WIND ENERGY 1.5 sl	50° 55' 56,60"	6° 16' 40,77"	100,00	95,80	17054,51	98,279
WEA 17	GE WIND ENERGY 1.5 sl	50° 55' 45,77"	6° 16' 30,26"	100,00	98,11	16904,63	99,504
WEA 18	GE WIND ENERGY 1.5 sl	50° 55' 27,26"	6° 16' 49,91"	100,00	97,82	17386,36	101,149
WEA 19	Senvion MM92	50° 55' 55,60"	6° 16' 6,96"	100,00	100,33	16406,51	98,725
WEA 20	Senvion 3.2 M114	50° 54' 49,61"	6° 16' 13,87"	123,00	108,79	16973,02	105,471
WEA 21	Senvion 3.2 M114	50° 54' 39,35"	6° 16' 16,77"	123,00	104,82	17115,57	106,442
WEA 22	Senvion 3.2 M114	50° 54' 56,17"	6° 17' 2,09"	123,00	102,76	17831,01	104,027
WEA 23	Senvion 3.2 M114	50° 54' 45,92"	6° 16' 51,32"	123,00	97,66	17708,48	105,188
WEA 24	Senvion 3.2 M114	50° 54' 24,50"	6° 16' 38,28"	123,00	111,36	17652,45	107,479

Tabelle 1: Koordinatenübersicht über die geplanten Windenergieanlagen (grün) und des Bestandes (rot). Die geplanten WEA müssen dabei in bestimmten Windrichtungsbereichen, siehe Abbildung 3, auf eine Rotordrehzahl von maximal 2,8 rpm begrenzt werden.

Die in den Tabellen angegebene Drehzahlminderung ist nur bei den Windrichtungen erforderlich, die zu einer geringen LFZ-Darstellungswahrscheinlichkeit führen.

Diese Windrichtungssektoren sind in der Abbildung 3 rot dargestellt.

Hinweis:

Bei der Realisierung des Planungsstandortes 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.

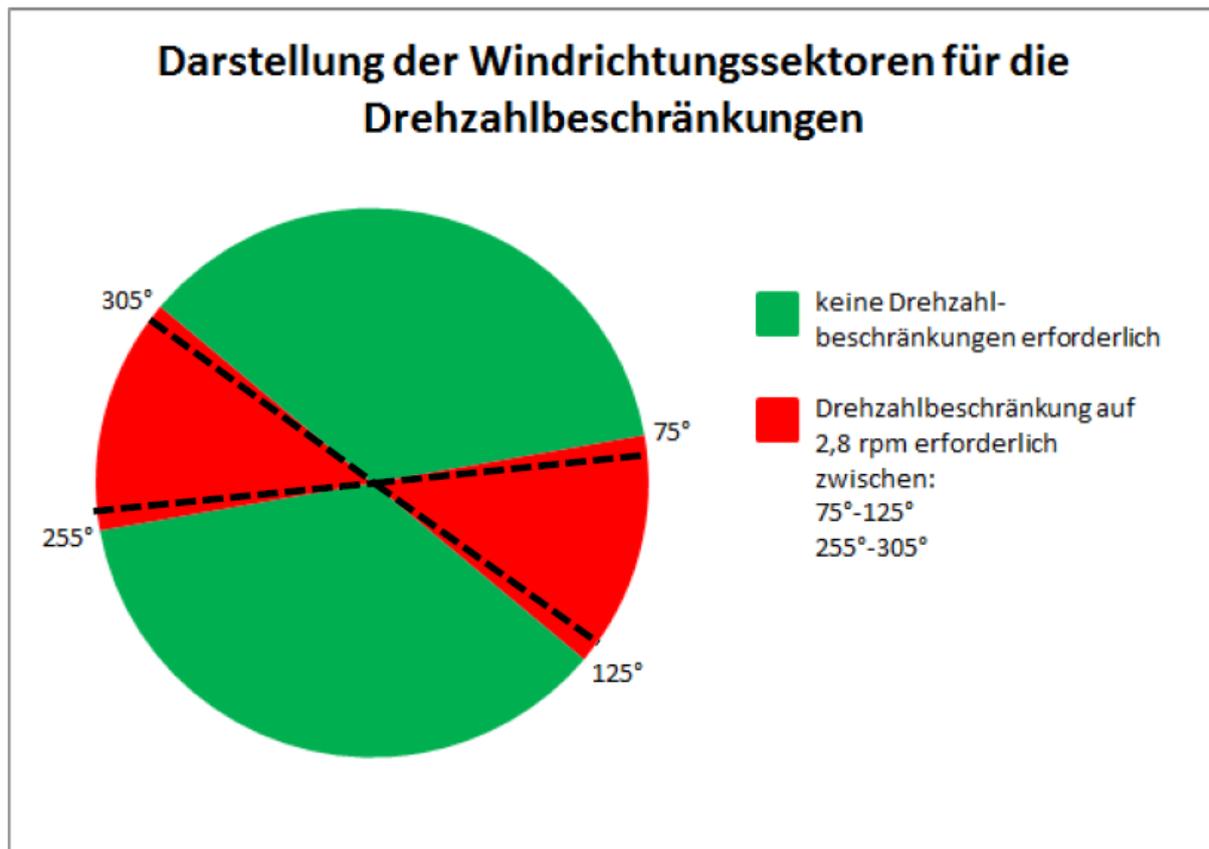


Abbildung 3: Darstellung der Windrichtungssektoren für die erforderlichen Drehzahlbeschränkungen zur Sicherstellung der Störfreiheit gemäß den Forderungen des BMVg

Bei den Windrichtungen die eine günstige Situation bzgl. der LFZ-Darstellungswahrscheinlichkeit darstellen, wie es bei der Windrichtung 250° der Fall ist, sind geringe LFZ-Trackverlustwahrscheinlichkeiten von unter 50 % zu erwarten. Bei diesen Windrichtungen sind keine Drehzahlbeschränkungen erforderlich.

Die gestrichelten Linien in der nebenstehenden Abbildung kennzeichnen Bereiche, die von den Windkraftanlagen gemieden werden können, wenn die WEA der Windrichtung nicht exakt folgt und die rote Richtungsbereiche sicher vermeidet.

Bewertung:

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

Untersucht wurden folgende Situationen:

- Bestand : Alle als Bestand gekennzeichneten WEA wurden als aktiv berücksichtigt
- Planung : Alle als Bestand und alle als Planung gekennzeichneten WEA wurden als aktiv berücksichtigt
- Planung opt. : Alle als Bestand gekennzeichneten WEA wurden als aktiv berücksichtigt. Die Planungsanlagen wurden **mit einer Rotordrehzahl von maximal 2,8 rpm** berücksichtigt und befinden sich damit im störungsfreien Zustand gemäß der Forderung des BMVg

Bewertung für die Windrichtung I bei 250°:

Auf der Grundlage der durchgeführten Überflugbewertungen bzgl. zu erwartender Trackverlustwahrscheinlichkeiten von LFZ kann festgestellt werden, dass bei keiner der untersuchten Situationen ein Störzelligebiet vorliegt, bei dem bzgl. der Radaranlage Geilenkirchen Trackverlustwahrscheinlichkeiten für ein LFZ mit einem RQS von 3 m^2 von über 50 % vorliegen. Bei dieser Windrichtung ist daher keine Steuerfunktion erforderlich.

Bewertung für die Windrichtung II bei 110°:

Auf der Grundlage der durchgeführten Überflugbewertungen bzgl. zu erwartender Trackverlustwahrscheinlichkeiten von LFZ kann festgestellt werden, dass bei der Situation „Planung“ bei zwei der untersuchten Überflüge ein Störzelligebiet vorliegt, bei dem bzgl. der Radaranlage Geilenkirchen Trackverlustwahrscheinlichkeiten für ein LFZ mit einem RQS von 3 m^2 von über 50 % vorliegen. Bei der Situation „Planung opt“ ist es nur noch der tangentiale Überflug, bei dem Trackverlustwahrscheinlichkeiten für ein LFZ mit einem RQS von 3 m^2 von über 50 % vorliegen. Bei dieser Situation, „Planung opt“, sind die Verläufe der Trackverlustwahrscheinlichkeiten praktisch identisch zum bisherigen Bestand.

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

Trackverlustwahrscheinlichkeiten von über 50 % sind für ein LFZ mit einem RQS von 3 m^2 bei einem Überflug gemäß den Forderungen und Festlegungen der Flugsicherung radartechnisch nicht zulässig. Ein RQS von 3 m^2 entspricht z. B. einem einmotorigen Sportflugzeug.

Die Berechnungen beruhen auf der Berücksichtigung einer radartechnisch durchschnittlichen Windrichtung I für das Windparkgebiet im Bereich von ca. 250°, entsprechend einer Windrichtung aus westsüdwest und einer radartechnisch ungünstigen Windrichtung II aus 110°. Dies entspricht dann einem Einfallswinkel von ca. 330°, bzw. 190° des Radargerätes auf die Rotorachsen der Windkraftanlagen.

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

Bei der vorliegenden detaillierten Bewertung wurden die jeweiligen anlagenspezifischen RQS-Daten sowie die individuellen Rotordrehzahlen der untersuchten WEA-Typen berücksichtigt. Gegenüber einer vereinfachten pauschalen Abschätzung mit der den militärischen Behörden vorliegenden Software, können sich teilweise erhebliche Unterschiede ergeben, da diese Software als Datenbasis für die RQS-Werte von WEA nur auf eine sehr geringe und abstrahierte Mixtur von WEA-Typen zurückgreift, bei derer eine Berücksichtigung der Rotordrehzahlen, sowie der weiteren WEA-gerätetypischen Eigenschaften nicht erfolgt.

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

Empfehlung:

Unter Abwägung der verschiedenen untersuchten Überflugpfade ist die Realisierung der geplanten WEA, unter Berücksichtigung einer maximalen Rotordrehzahl von 2,8 rpm in den in der Abbildung 3 rot dargestellten Windrichtungsbereichen, radartechnisch vertretbar. Bei den in der Abbildung 3 grün dargestellten Windrichtungsbereichen ist keine Drehzahlbeschränkung notwendig.

Durch jede dieser Maßnahmen ist inhaltlich die Forderung der Bundeswehr, durch eine bedarfsgerechte Steuerung von WEA einen störungsfreien Betrieb sicher zu stellen erfüllt.

Der tangential Überflugpfad ist aufgrund der gegenüber dem Radarstandort tangentialen Ausrichtung auch ohne WEA eine für das Radarortungssystem kritische Orientierung aufgrund des geringen Doppleranteils des Reflexions-signals. Daher wird diese Überflugrichtung bei der Bewertung nicht berücksichtigt.

Bemerkung:

Die angegebene maximale Rotordrehzahl basiert auf aktuellen Untersuchungen zur konkreten Radarreflexionscharakteristik der angegebenen WEA- Rotorblätter unter Berücksichtigung der ASR-S Signalverarbeitung mit einem 8-stufigen Dopplerfilter und den messtechnischen Untersuchungen und Verifikationen am ASR-S (Wittmund und Schleswig). Eine messtechnische Verifikation bzgl. der Drehzahlbeschränkungen von WEAs wird als erforderlich betrachtet und führt ggf. zu günstigeren Ergebnissen für die zulässige Rotordrehzahl.

Sofern unmittelbar benachbarte WEA in das Konzept der Drehzahlreduzierung aufgenommen werden können, kann eine höhere reduzierte Drehzahl für diese WEA bei gleichem Gesamtergebnis festgelegt werden.

Gemäß Besprechung mit dem Luftfahrtamt der Bundeswehr Referat 3 II e wurde uns mitgeteilt, dass bis zum Abschluss einer messtechnischen Verifikation bzgl. der Drehzahlbeschränkungen von WEAs die Ergebnisse des Gutachtens nur für die kritischen Windrichtungen betrachtet werden.

Das bedeutet für diese Untersuchung, dass die Ergebnisse für die Windrichtung II (Bereich um 110°) von der Bundeswehr als Worst-Case-Szenario für alle Windrichtungen angesehen werden und die Rotordrehzahlbeschränkungen für alle Windrichtung gelten.

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; 16.04.2019

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Hochfrequenz- und Signaturtechnik

4 Aufgabenbeschreibung FS-Radar Geilenkirchen

Beschreibung der grundsätzlichen Problematik:

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

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

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

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

Die Wirkungsintensität dieser DCM-Zelle wird bestimmt durch die Reflexionsintensität und die bzgl. des Radarstandorts radialen Geschwindigkeitskomponenten des Rotorblattes. Da kleinere WEAs größere Rotorgeschwindigkeiten zeigen, stellt sich die Problematik für unterschiedlich große WEAs sehr ähnlich dar. Zudem sind die Anzahl und die Anordnung der WEAs innerhalb sowie außerhalb der betrachteten DCM-Zellen maßgeblich.

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

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

Die DCM-Zelle mit $1,8^\circ$ Breite und einer ca. 300 m großen radialen Ausdehnung (bei Entfernungen von weniger als 10,5 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen ca. $300\text{ m} \times 3,6^\circ$) im Bereich des Windparks beim ASR-S, ist in allen Flughöhen wirksam. Eine Filterung auf der Grundlage der charakteristischen Störeinflüsse der Windenergieanlagen unter Berücksichtigung des dynamischen Radarquerschnittes ist bisher mit 2D-Radaranlagen nicht möglich.

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

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

erwartet werden.

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

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

5 Untersuchungsverfahren FS-Radar Geilenkirchen

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

Bewertungsprozedur:

1. Um jede WEA wird als ein möglicher Ort für Reflexionen ein Ortskreis mit der Größe des Rotordurchmessers angelegt.
2. Das Umgebungsgebiet um einen Radarstandort wird ab einer Entfernung zwischen 10,5 km und 70 km zum Radargerät in einem polaren Koordinatensystem durch DCM-Zellen mit jeweils 299,7 m radialer Ausdehnung, sowie mit einer Azimutausdehnung von $1,8^\circ$ – bezogen auf den Radarstandort – gegliedert. Bei Entfernungen von weniger als 10,5 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen $299,7 \text{ m} \times 3,6^\circ$.
3. Jede DCM-Zelle in dem sich der Ortskreis einer Windkraftanlage befindetet, sowie die beiden benachbarten Zellen im Azimut werden markiert. Die Festlegung, ob eine derart markierte DCM-Zelle als Störzelle interpretiert wird, setzt eine ausreichende Reflexionsintensität, d. h. „Radarquerschnitt“ der WEAs voraus, vgl. hierzu Kapitel 6.
4. Für jede markierte DCM-Zelle wird die Wahrscheinlichkeit der Darstellung eines LFZ mit einem Radarrückstreuquerschnitt von 3 m^2 ermittelt und anschließend in einer Grafik farbig kodiert.
5. Es werden vier verschiedene Überflugpfade über das Gebiet mit farbig kodierten DCM-Zellen gelegt. Dabei werden bezogen auf das Radargerät ein Überflug Radial, einer Tangential und zwei unterschiedliche Diagonalüberflüge be-

trachtet. Die einzelnen Überflugpfade werden derart gewählt, dass jeweils die größte Lateraldimension der Störzellen der geplanten WEA abgedeckt wird. Diese Überflugpfade stellen damit ein sogenanntes „Worst-Case“-Szenario dar. Als Referenzgeschwindigkeit eines LFZ wird 180 km/h gewählt. Damit sind die typischen Reisefluggeschwindigkeiten auch kleiner LFZ berücksichtigt.

6. Für jeden Überflugpfad wird die Zielverlustwahrscheinlichkeit an diskreten Punkten berechnet. Die für die Bewertung angenommene LFZ-Überfluggeschwindigkeit beträgt hierbei 180 km/h (50 m/s).
7. Zulässig sind Erfassungsverluste bei maximal zwei direkt aufeinander folgenden Antennenorientierungen in Richtung WEA oder Windpark.
8. Ab dem dritten direkt aufeinander folgenden Erfassungsverlust besteht die Möglichkeit eines Trackverlustes.
9. Trackverlustwahrscheinlichkeiten für ein LFZ mit einem RQS von 3 m² bei einem Überflug von über 50 % sind gemäß den Forderungen und Festlegungen der Flugsicherung radartechnisch nicht zulässig. Ein RQS von 3 m² entspricht z. B. einem einmotorigen Sportflugzeug.
10. Die räumliche Separation zu einer benachbarten WEA-Gruppierung muss einen Abstand zeigen, der über mindestens drei Antennenumdrehungen eine störfreie neue Detektion des LFZ gewährleistet.

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

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

6 Radarquerschnittanalyse

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

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

Der Radarquerschnitt σ ist definiert als

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6.1 Ermittlung des RQS der WEA

Die Ermittlung des RQS berücksichtigt die nachstehenden technischen Aspekte:

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

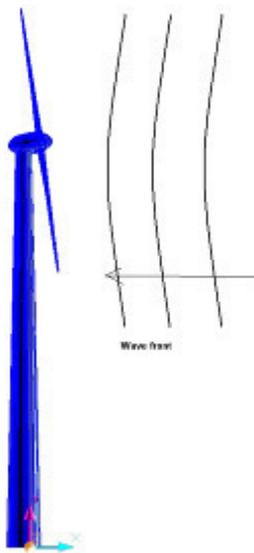


Abbildung 4: Schemabild zur Wellenfront.

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

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

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

Die berücksichtigten Dimensionen für den geplanten Anlagentyp Nordex N149/4.0-4.5 sind:

- Rotordurchmesser: ca. 149,1 m
- Säulenquerschnitt oben: ca. 3,3 m
- Gondeldimension: ca. 5,4 m x 17,3 m
- Betriebsrotordrehzahl: 6,4-12,3 U/min

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

Monostatischer RQS WEA Nordex N 149
f = 2.7 GHz; theta = 90.0 Grad; phi = 330.0000 Grad; Polarisation \\
Medianwert ueber ein Winkelintervall von 2 Grad

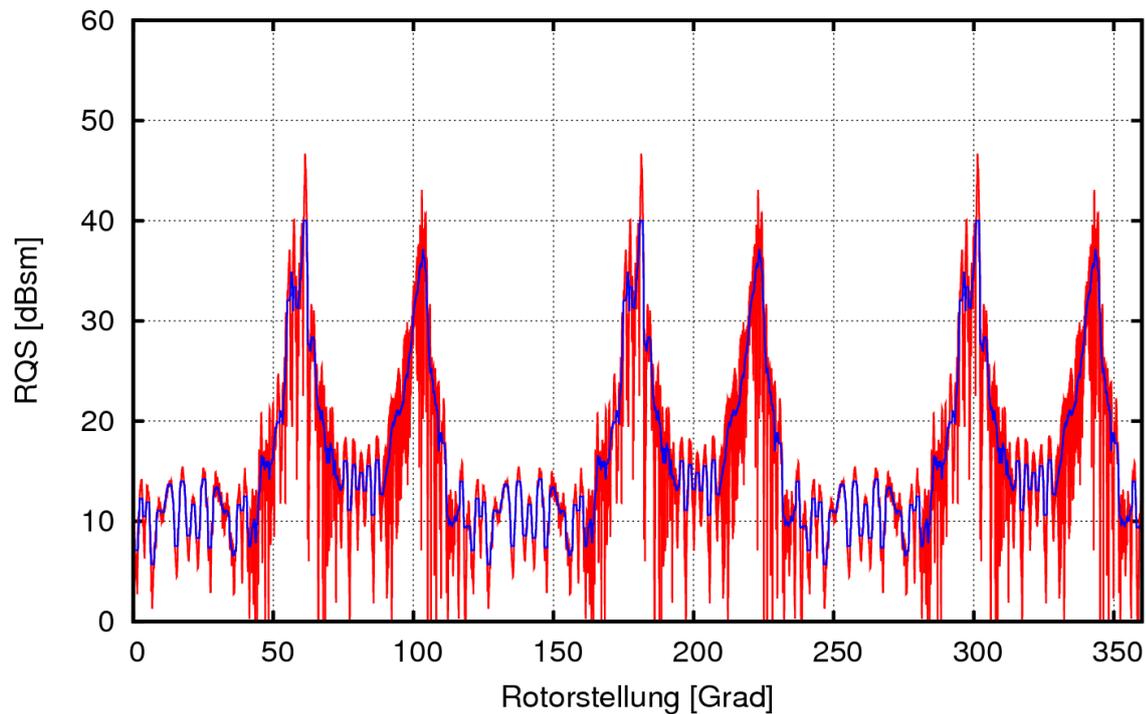


Abbildung 5: RQS_{dyn} über eine Rotordrehung für den geplanten Typ Nordex N149/4.0-4.5

Die Berechnungen beruhen auf der Annahme einer Windrichtung I für das Windparkgebiet im Bereich von WSW entsprechend ca. 250° . Als Windrichtung II wurde der Bereich um ca. 110° gewählt.

Bei der Windrichtung I wurde der Winkel zwischen Rotorachse und dem Richtungsvektor zur Radaranlage im Bereich von etwa 330° bestimmt. Als weiterer Winkel zwischen Rotorachse und Radaranlage wurde 190° , entsprechend der Windrichtung im Bereich von 110° , gewählt.

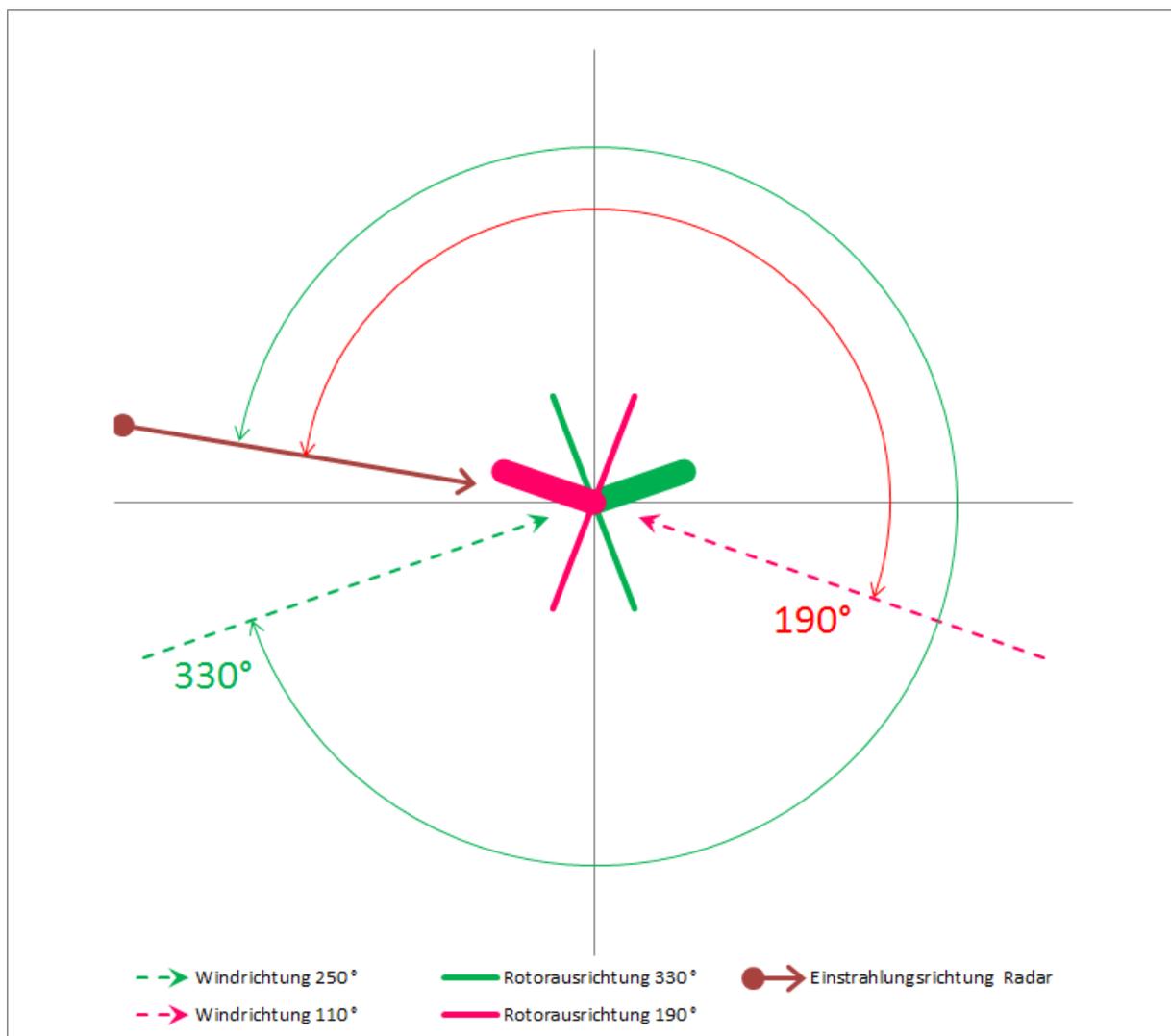


Abbildung 6: Ausrichtung der WEA zum Radar bei den untersuchten Windrichtungen

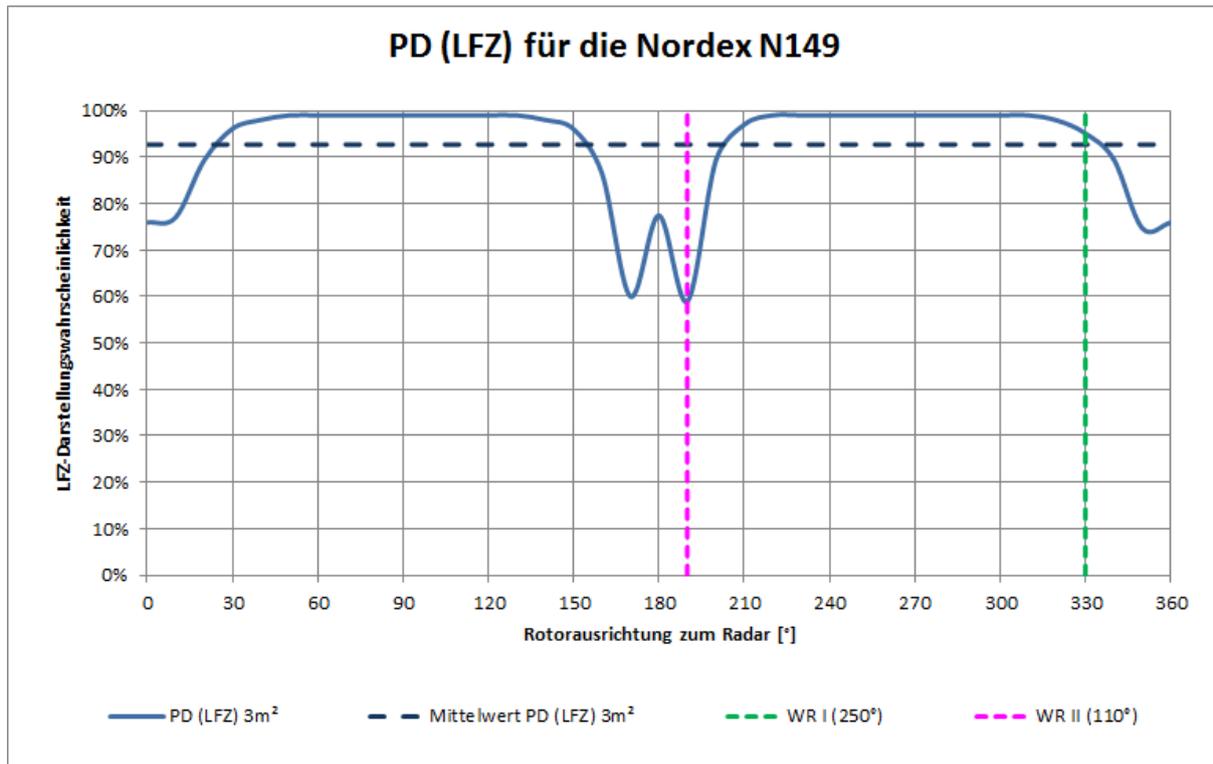


Abbildung 7: PD (LFZ) für eine einzelne Nordex N149/4.0-4.5

Die Berücksichtigung der Windrichtung I stellt für den Richtungsbezug des Windparks eine Situation dar, die dem Mittelwert der LFZ-Darstellungswahrscheinlichkeit für ein LFZ von 3 m² entspricht. Die Windrichtung II von 110° gibt die Situation bei sehr geringer LFZ-Darstellungswahrscheinlichkeit als Worst Case wieder – vgl. Abbildung 7.

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

Ein Radargerät vom Typ ASR-S besitzt zur Unterdrückung von stationären Zielen „mit Dopplerverschiebung“ eine sogenannte Doppler-Clutter-Map (DCM-Map). Jede dieser DCM-Zellen hat in einer Entfernung zwischen 10,5 km und 70 km zum Radargerät eine Ausdehnung von ca. 300 m im Radial und 1,8° im Azimut – bezogen auf den Radarstandort. Bei Entfernungen von weniger als 10,5 km beträgt die Dimension der DCM-Zellen ca. 300 m x 3,6°. Zur Ermittlung der Luftraumgebiete (DCM-Zellen), in denen ein möglicher Zielverlust nicht ausgeschlossen werden kann, wird nicht nur der Standort der WEA-Säule selbst betrachtet, sondern es wird zusätzlich um jeden WEA-Standort ein „Ortskreis“ mit der Größe des Rotordurchmessers eingetragen. Hierdurch werden alle potentiellen Reflexionsorte vom Rotor berücksichtigt.

Nachfolgend wird für jede betroffene DCM-Zelle, sowie die seitlich jeweils angrenzenden Zellen, die Darstellungswahrscheinlichkeit für bestimmte Radarrückstreuquerschnitte des Ziels berechnet. Die Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ mit einem RQS von 3 m² für jede betroffene DCM-Zelle ist im Kapitel 7.1 und 7.2 dargestellt.

Ein RQS von 3 m² entspricht z. B. einem einmotorigen Sportflugzeug oder einem leichten Jagdflugzeug. Bei größeren RQS-Werten eines LFZ würden sich die nachfolgenden Ergebnisse günstiger darstellen. Ein kleinerer RQS-Wert von ca. 1 m² wie z. B. von einem Ultraleichtfluggerät oder einer größeren Drohne würde zu ungünstigeren Ergebnissen führen. Der Fall, dass sich ein Ultraleichtfluggerät/Drohne unmittelbar über oder in einem Windpark aufhält, ist jedoch aufgrund der Turbulenzen durch die Windenergieanlagen sehr unwahrscheinlich.

Über diese betroffenen DCM-Zellen werden verschiedene Flugpfade gelegt. Die gewählten Flugpfade stellen jeweils die ungünstigsten Überflugpfade für die jeweilige Überflugrichtung dar, die bezogen auf die Störzellenanordnung möglich ist. Es sei darauf hingewiesen, dass abhängig vom Flugpfad im Detail deutlich unkritischere

Überflugszenarien vorliegen. In der Regel hat eine Abweichung vom hier angenommenen Worst-Case-Überflugpfad eine oft sogar deutlich günstigere Situation zur Folge, bezogen auf die resultierende Störwahrscheinlichkeit. Oft sind Abweichungen von nur 50 m bis 100 m ausreichend, um die Problematik entscheidend zu entschärfen. Dies gilt in umso höherem Maße bei separiert gelegenen Störzellen und umso weniger, je verdichteter das Störzelligebiet beschaffen ist.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Diese Ergebnisse sind nachstehend für jedes Überflugszenario angegeben.

In den nachfolgenden Kapiteln erfolgt eine farbige Kodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ mit einem Radarrückstreuquerschnitt von 3 m^2 , auf Grundlage der vom Radarhersteller überlassenen Beschreibung der Signalverarbeitung.

Am Radarschirm der ASR-S lässt sich eine Darstellung der DCM-Zellen einstellen. Diese Darstellung ist üblicherweise nicht eingeschaltet. Die Visualisierung der DCM-Zellen wurde hierbei seitens des Herstellers empirisch zur Darstellung für einen

Lotsen eingestellt. Die Farben entstehen aus einer „Übersetzungstabelle“ in der ASR-S Auswerteeinheit, die die typisch am BW-Standort auftretenden Amplituden der vom SIP gelieferten DCM in Farben übersetzt. Hierbei ist zu beachten, dass das ASR-S sechs parallele DCM-Maps für die sechs Bewegziel-Dopplerfilter besitzt. Farblich dargestellt wird je DCM-Zellenposition jedoch nur ein Element, welches aus den Pegeln in diesen sechs Dopplerfiltern gebildet wurde. Daraus eine direkte Aussage bzgl. der Verlustrate abzuleiten ist somit nicht möglich, da u.a. die Abhängigkeit von dem jeweils stimulierten Dopplerfilter unterschlagen wird.

Zudem ist der RQS eines zu betrachtenden LFZ bei der farblichen Darstellung der DCM-Zellen am Radarschirm nicht berücksichtigt. Für eine Aussage zur Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ ist dieser aber notwendig.

7.1 Betrachtung der Windrichtung I (Bereich um 250°)

7.1.1 Situation „Planung“

Die Abbildung 8 zeigt die farbige Kodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ mit einem Radarrückstreuquerschnitt von 3 m^2 für die geplante Situation. Dabei sind alle Bestandsanlagen (rot) und die geplanten WEA (grün) als aktiv berücksichtigt.

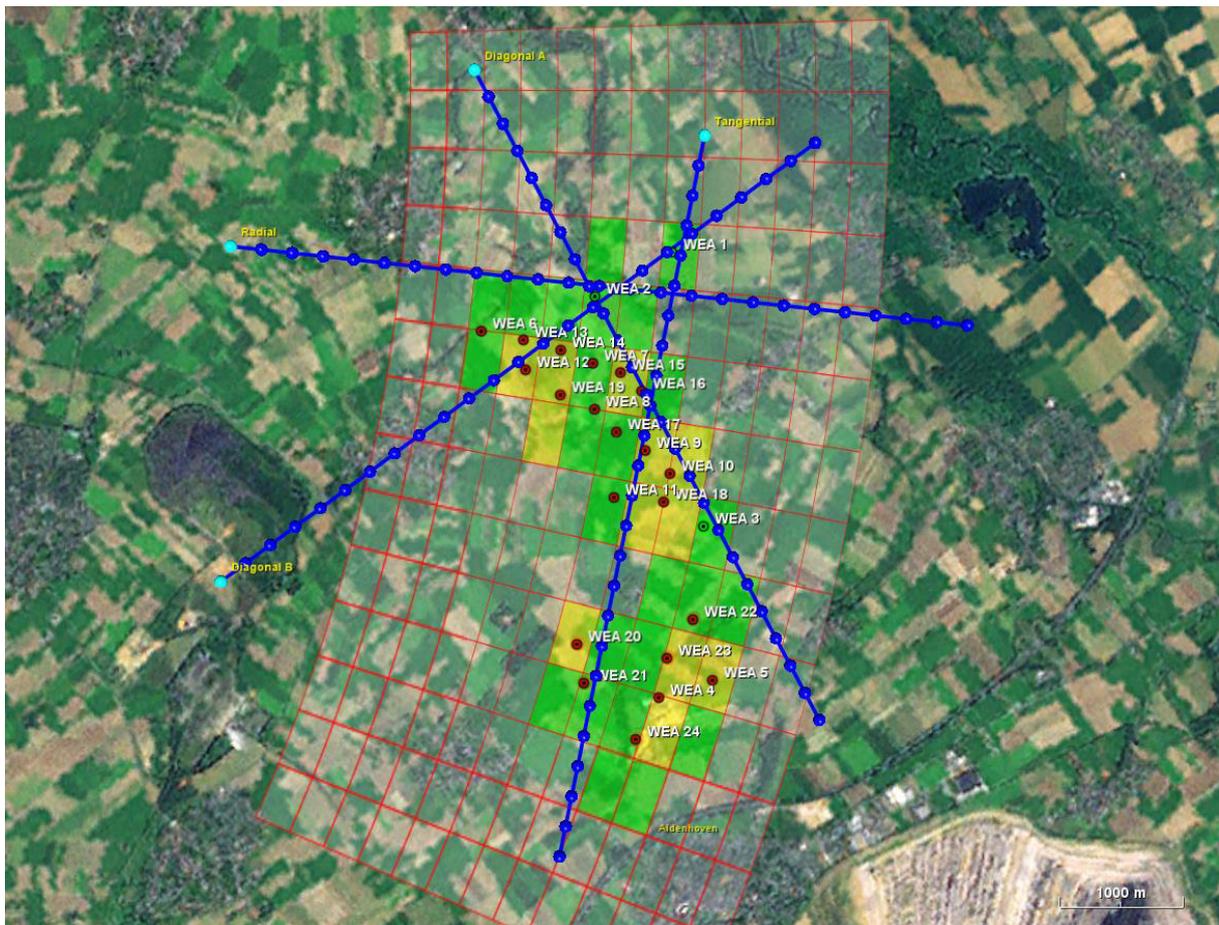


Abbildung 8: Übersicht über die geplante Situation. Farblich kodiert sind die DCM-Zellen nach der Wahrscheinlichkeit der Darstellung eines LFZ mit einem RQS von 3 m^2 . Zusätzlich sind die „Worst-Case“-Überflugpfade durch blaue Linien dargestellt. Die Ermittlung der Ziel- bzw. Trackverlustwahrscheinlichkeit erfolgt an den blauen Punkten.

Die Farbkodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ geschieht nach der folgenden Systematik:

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

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

Die Pfade sind hierbei:

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

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

Flugpfad A : Diagonal A von NNW - SSO oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad A kann die Länge des Pfades mit 12 Detektionen, entsprechend 2750 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 2,37 % an.

Flugpfad B : Diagonal B von SW - NO oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad B kann die Länge des Pfades mit 9 Detektionen, entsprechend 2000 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 0,4 % an.

Flugpfad C : Radial von W - O oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad C kann die Länge des Pfades mit 6 Detektionen, entsprechend 1250 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 0,09 % an.

Flugpfad D : Tangential von SSW - NNO oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad D kann die Länge des Pfades mit 18 Detektionen, entsprechend 4250 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 3,31 % an.

7.1.2 Situation „Bestand“

Die Abbildung 9 zeigt die farbige Kodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ mit einem Radarrückstreuquerschnitt von 3 m^2 für die Bestandssituation.

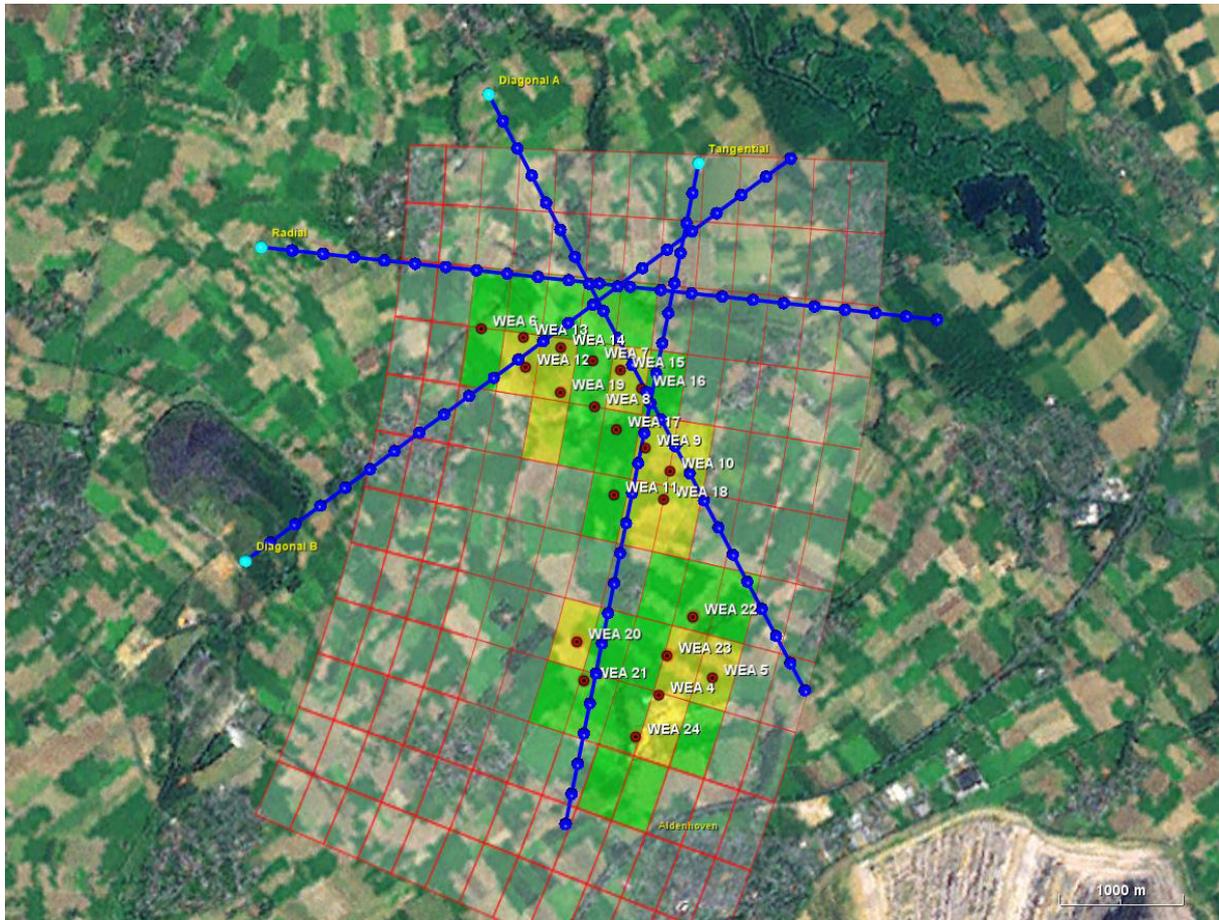


Abbildung 9: Übersicht über die Bestandssituation. Farblich kodiert sind die DCM-Zellen nach der Wahrscheinlichkeit der Darstellung eines LFZ mit einem RQS von 3 m^2 . Zusätzlich sind die „Worst-Case“-Überflugpfade durch blaue Linien dargestellt. Die Ermittlung der Ziel- bzw. Trackverlustwahrscheinlichkeit erfolgt an den blauen Punkten.

Die Farbkodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ geschieht nach der folgenden Systematik:

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

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

Die Pfade sind hierbei:

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

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

Flugpfad A : Diagonal A von NNW - SSO oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad A kann die Länge des Pfades mit 8 Detektionen, entsprechend 1750 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 1,3 % an.

Flugpfad B : Diagonal B von SW - NO oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad B kann die Länge des Pfades mit 6 Detektionen, entsprechend 1250 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 0,39 % an.

Flugpfad C : Radial von W - O oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad C kann die Länge des Pfades mit 6 Detektionen, entsprechend 1250 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 0,08 % an.

Flugpfad D : Tangential von SSW - NNO oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad D kann die Länge des Pfades mit 13 Detektionen, entsprechend 3000 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 3,3 % an.

7.1.3 Zusammenfassende Beurteilung der verschiedenen Überflugszenarien für die Windrichtung I:

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

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

Untersucht wurden folgende Situationen:

- Bestand : Alle als Bestand gekennzeichneten WEA wurden als aktiv berücksichtigt
- Planung : Alle als Bestand, und alle als Planung gekennzeichneten WEA wurden als aktiv berücksichtigt

Auf Grundlage aller durchgeführten Überflugbewertungen bzgl. zu erwartender Trackverlustwahrscheinlichkeiten von LFZ kann festgestellt werden, dass nach Errichtung der Planungsanlagen bei den betrachteten Überflügen eine Trackverlustwahrscheinlichkeit von maximal 3,31 % (Flugfad Tangential) auftritt.

Trackverlustwahrscheinlichkeiten von über 50 % sind für ein LFZ mit einem RQS von 3 m² bei einem Überflug gemäß den Forderungen und Festlegungen der Flugsicherung radartechnisch nicht zulässig. Ein RQS von 3 m² entspricht z. B. einem einmotorigen Sportflugzeug.

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

Die Berechnungen beruhen auf der Annahme einer Windrichtung I für das Windparkgebiet im Bereich von SO entsprechend ca. 250°. Dies entspricht dann einem Einfallswinkel von ca. 330° des Radargerätes auf die Windkraftanlagen.

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

Nachfolgend sind die Trackverlustwahrscheinlichkeiten für ein LFZ mit einem RQS von 3 m² für die untersuchten Situationen gegenübergestellt. Die Kurven der verschiedenen Situationen sind teilweise deckungsgleich, sodass nicht immer alle Kurven durchgängig zu erkennen sind.

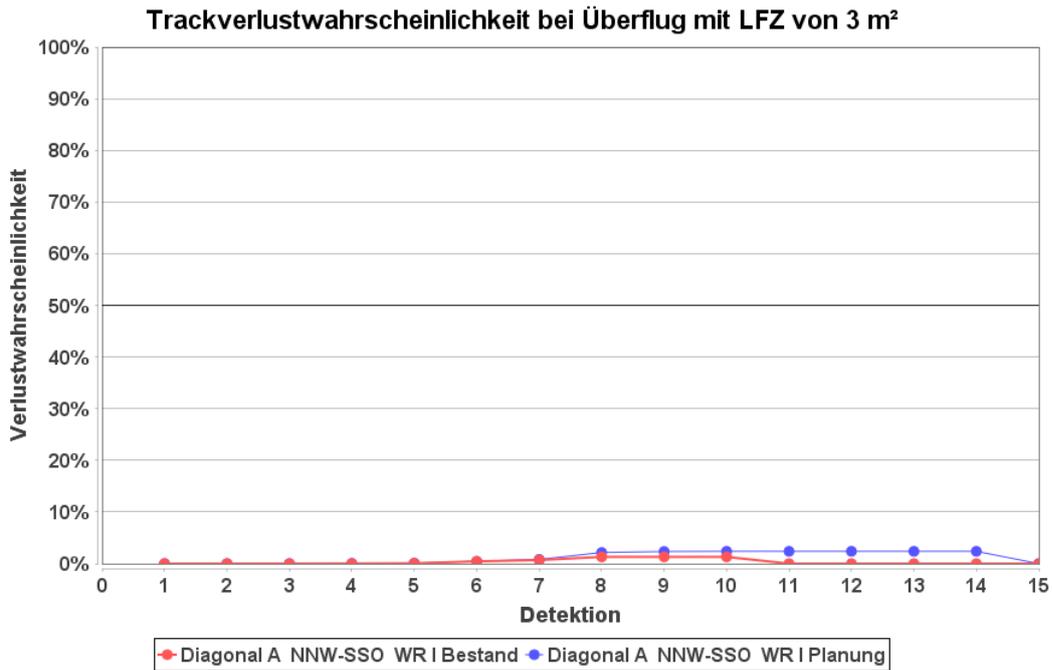


Abbildung 10: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Diagonal A) NNW- SSO

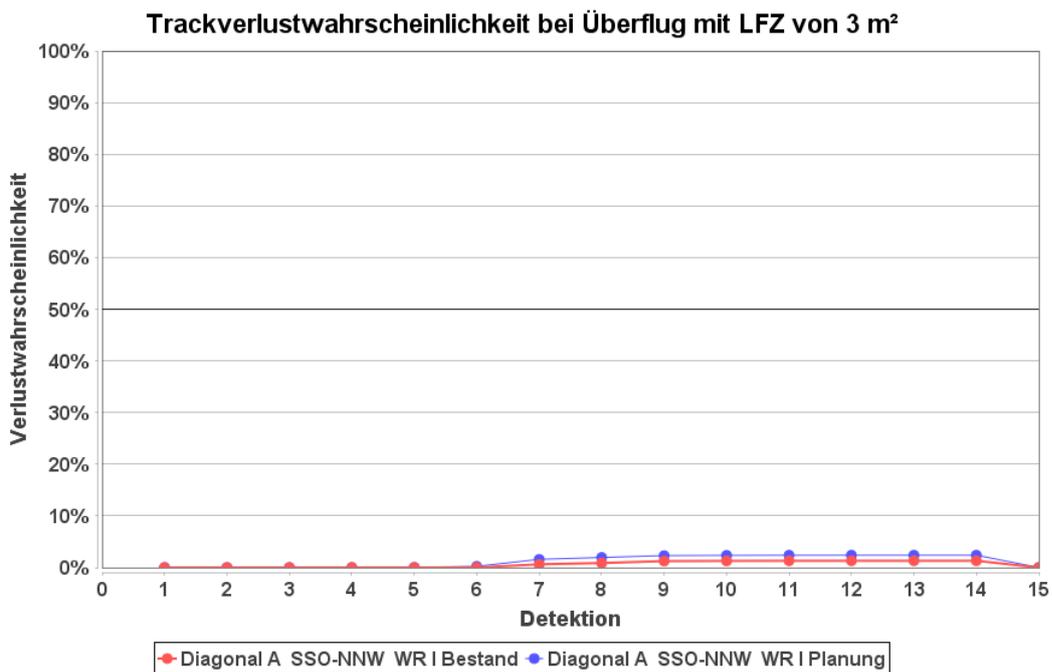


Abbildung 11: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Diagonal A) SSO- NNW

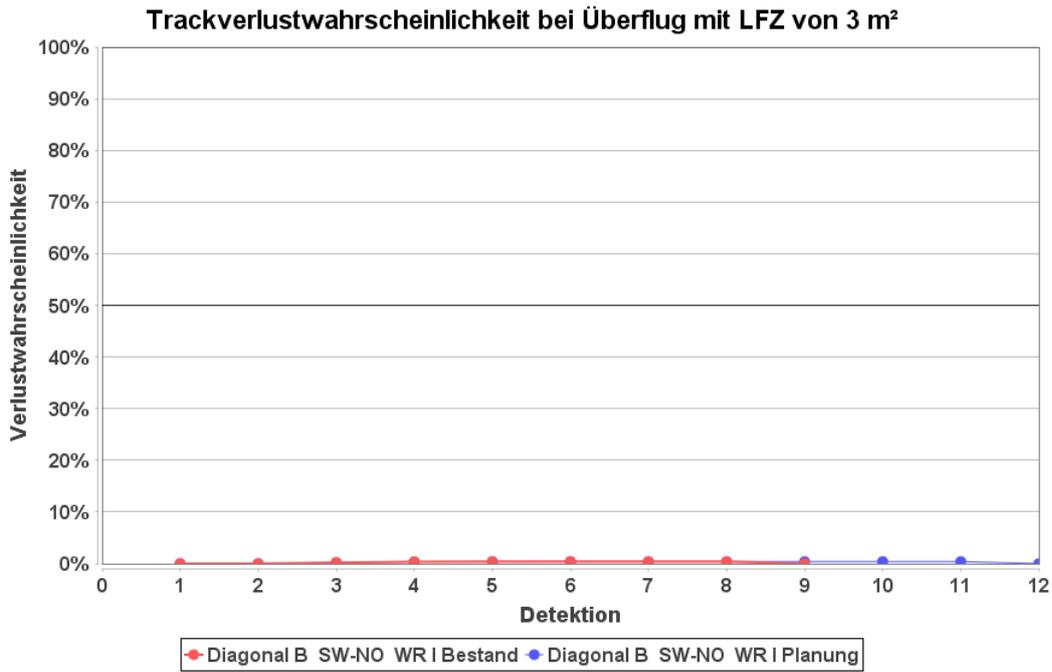


Abbildung 12: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Diagonal B) SW- NO

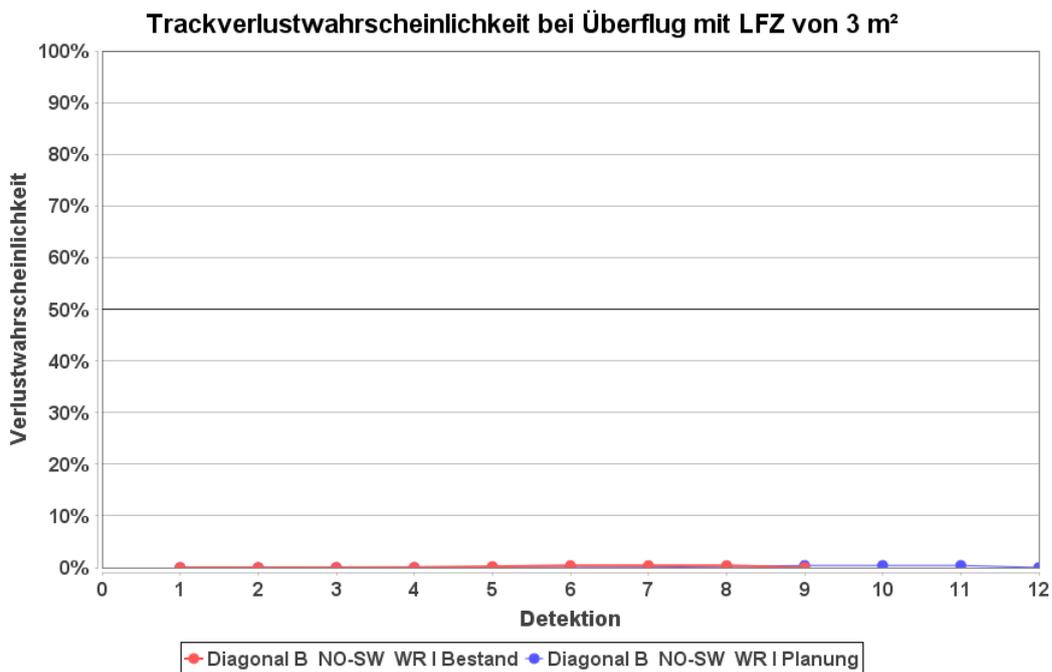


Abbildung 13: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Diagonal B) NO- SW

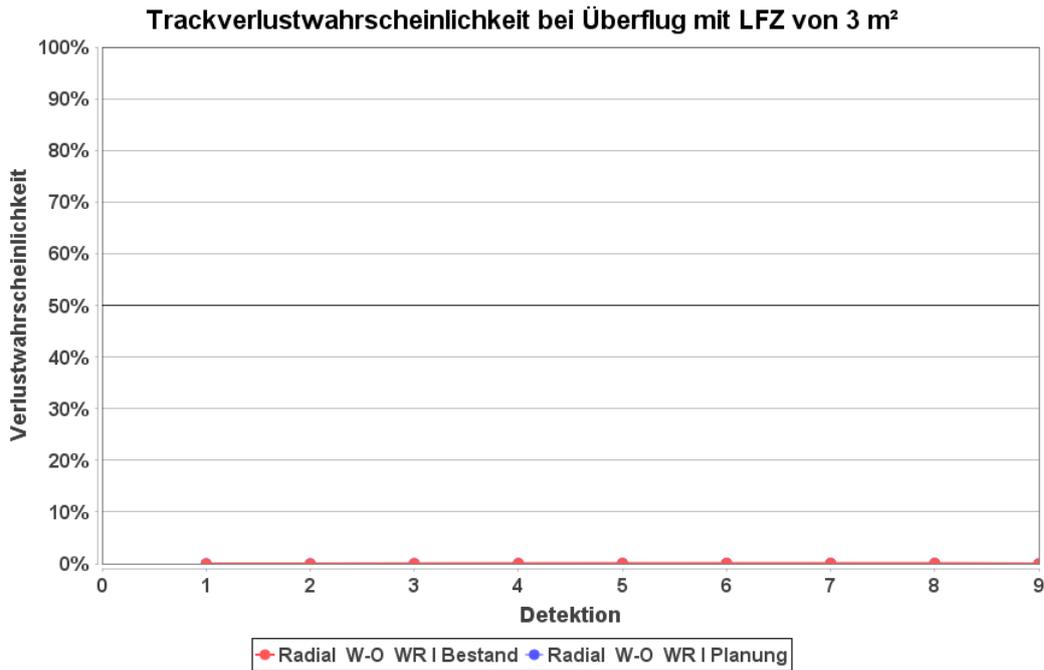


Abbildung 14: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Radial) W-O

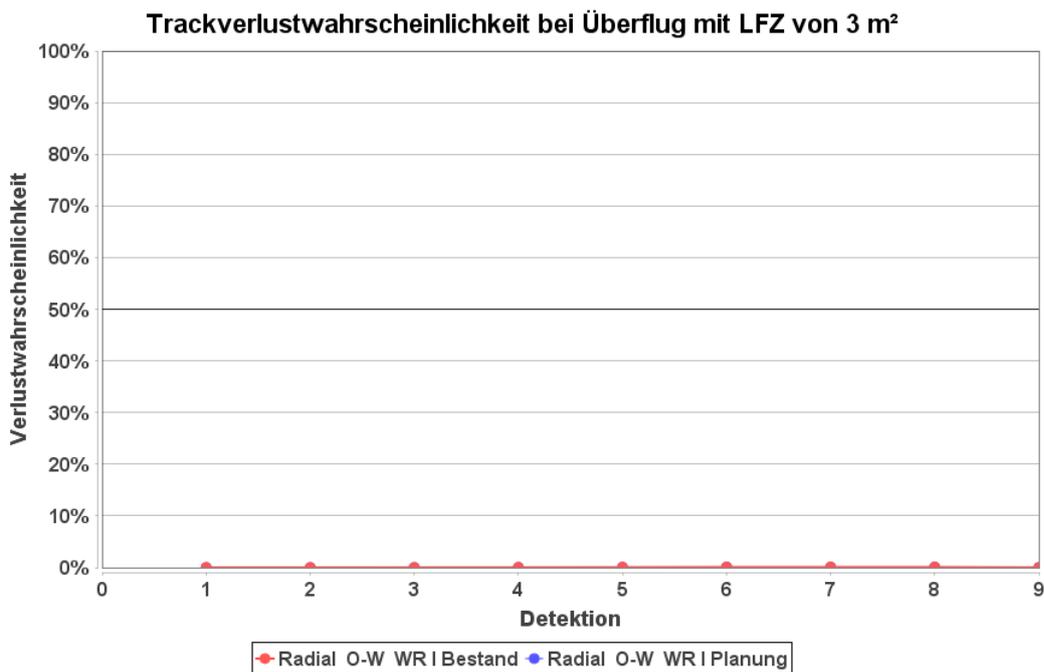


Abbildung 15: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Radial) O - W

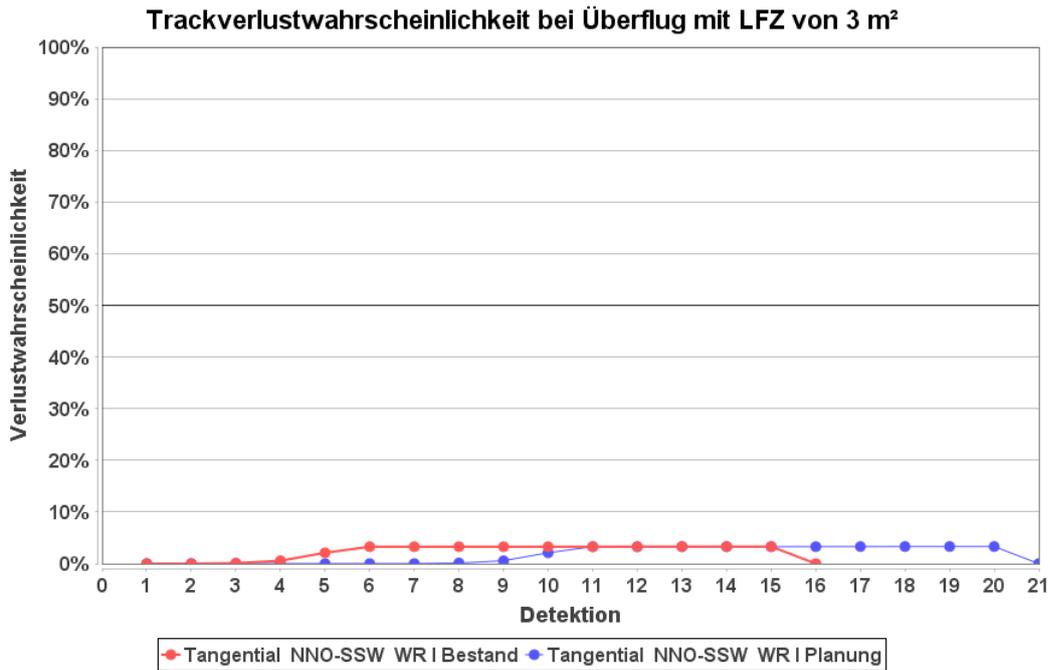


Abbildung 16: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Tangential) NNO- SSW

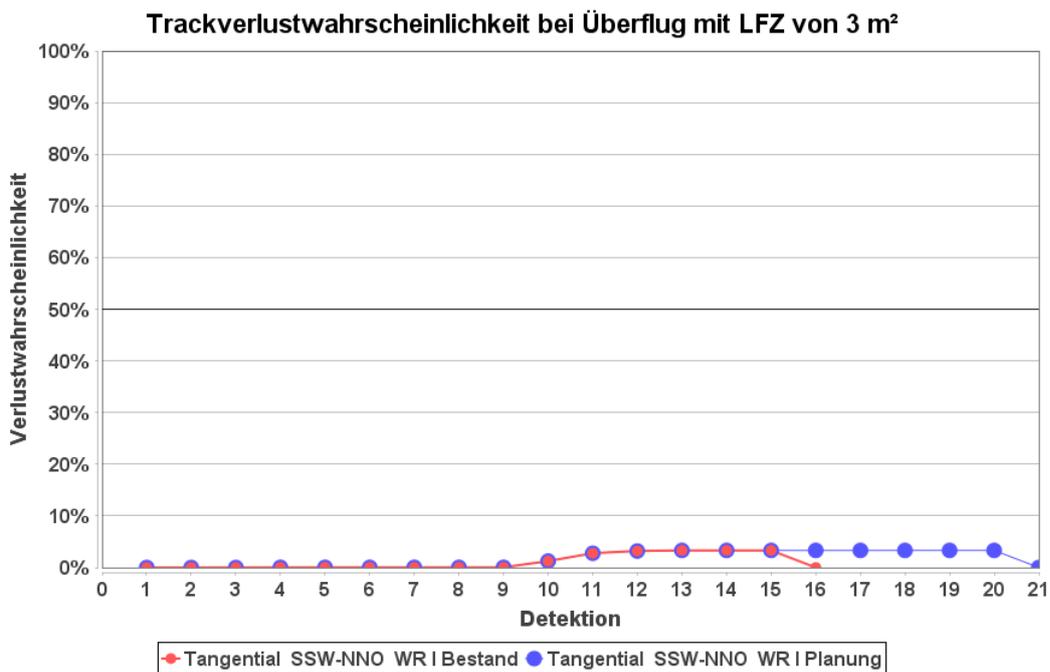


Abbildung 17: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Tangential) SSW- NNO

7.2 Betrachtung der Windrichtung II (Bereich um 110°)

7.2.1 Situation „Bestand“

Die Abbildung 18 zeigt die farbige Kodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ mit einem Radarrückstreuquerschnitt von 3 m² für die Bestandssituation.

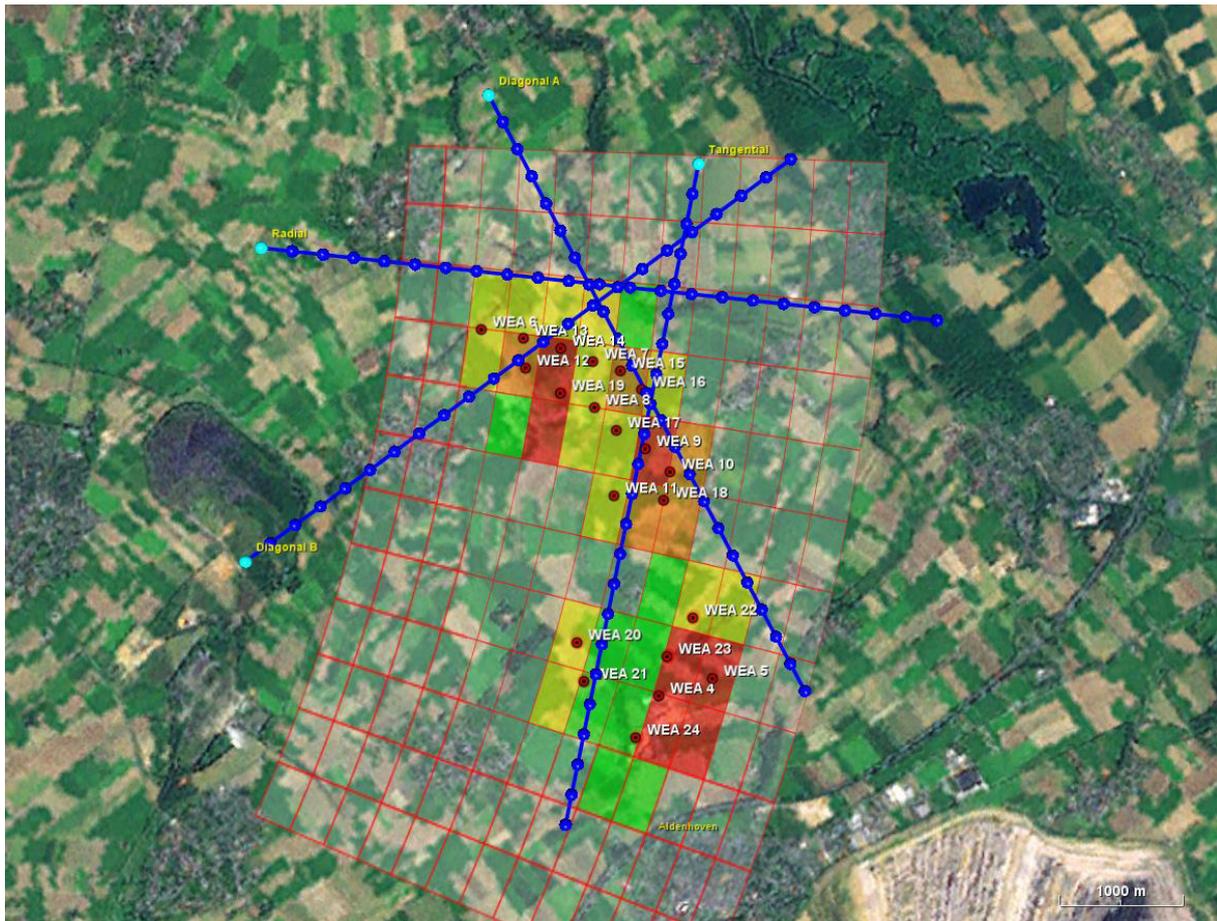


Abbildung 18: Übersicht über die Bestandssituation. Farblich kodiert sind die DCM-Zellen nach der Wahrscheinlichkeit der Darstellung eines LFZ mit einem RQS von 3 m². Zusätzlich sind die „Worst-Case“-Überflugpfade durch blaue Linien dargestellt. Die Ermittlung der Ziel- bzw. Trackverlustwahrscheinlichkeit erfolgt an den blauen Punkten.

Die Farbkodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ geschieht nach der folgenden Systematik:

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

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

Die Pfade sind hierbei:

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

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

Flugpfad A : Diagonal A von NNW - SSO oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad A kann die Länge des Pfades mit 8 Detektionen, entsprechend 1750 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 48,12 % an.

Flugpfad B : Diagonal B von SW - NO oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad B kann die Länge des Pfades mit 6 Detektionen, entsprechend 1250 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 25,32 % an.

Flugpfad C : Radial von W - O oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad C kann die Länge des Pfades mit 6 Detektionen, entsprechend 1250 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 5,43 % an.

Flugpfad D : Tangential von NNO- SSW oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad D kann die Länge des Pfades mit 13 Detektionen, entsprechend 3000 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei bis zu 11 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 75,89 % an.

7.2.2 Situation „Planung“

Die Abbildung 19 zeigt die farbige Kodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ mit einem Radarrückstreuquerschnitt von 3 m^2 für die Situation „Planung“.

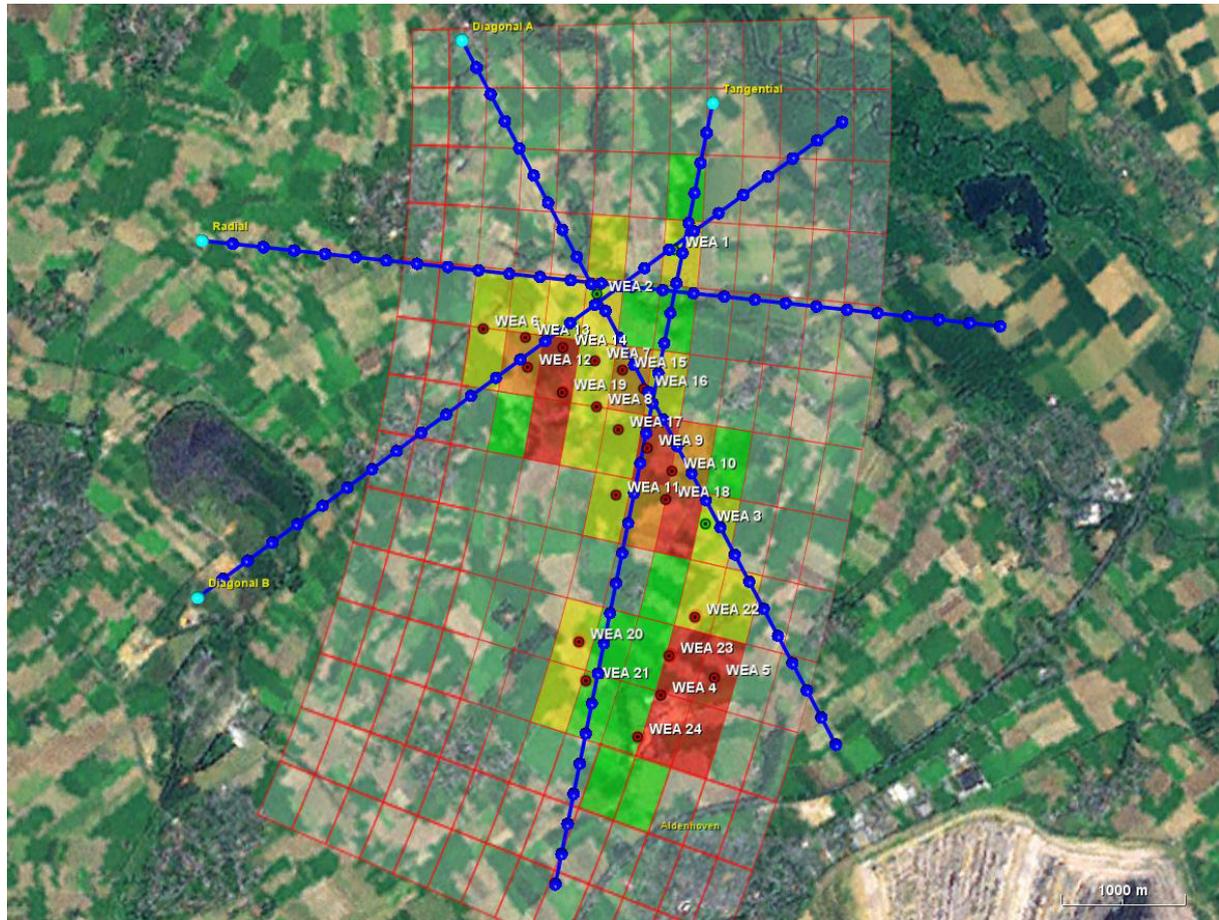


Abbildung 19: Übersicht über die Situation „Planung“. Farblich kodiert sind die DCM-Zellen nach der Wahrscheinlichkeit der Darstellung eines LFZ mit einem RQS von 3 m^2 . Zusätzlich sind die „Worst-Case“-Überflugpfade durch blaue Linien dargestellt. Die Ermittlung der Ziel- bzw. Trackverlustwahrscheinlichkeit erfolgt an den blauen Punkten.

Die Farbkodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ geschieht nach der folgenden Systematik:

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

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

Die Pfade sind hierbei:

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

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

Flugpfad A : Diagonal A von NNW - SSO oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad A kann die Länge des Pfades mit 12 Detektionen, entsprechend 2750 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei bis zu 8 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 74,14 % an.

Flugpfad B : Diagonal B von SW - NO oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad B kann die Länge des Pfades mit 9 Detektionen, entsprechend 2000 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 29,32 % an.

Flugpfad C : Radial von W - O oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad C kann die Länge des Pfades mit 8 Detektionen, entsprechend 1750 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 7,17 % an.

Flugpfad D : Tangential von NNO- SSW oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad D kann die Länge des Pfades mit 20 Detektionen, entsprechend 4750 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei bis zu 12 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 76,61 % an.

7.2.3 Situation „Planung opt“

Die Abbildung 20 zeigt die farbige Kodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ mit einem Radarrückstreuquerschnitt von 3 m^2 für die Situation „Planung opt“.

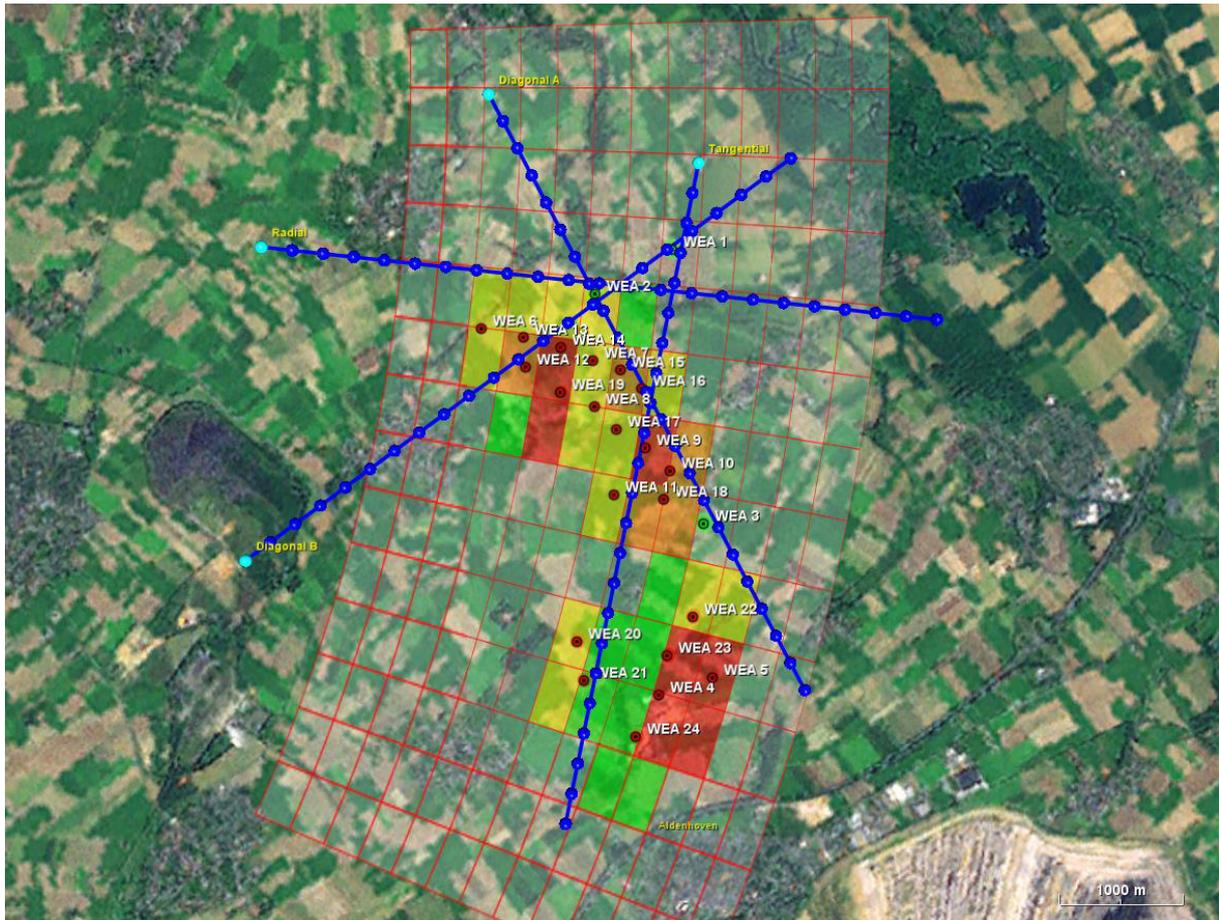


Abbildung 20: Übersicht über die Situation „Planung opt“. Farblich kodiert sind die DCM-Zellen nach der Wahrscheinlichkeit der Darstellung eines LFZ mit einem RQS von 3 m^2 . Zusätzlich sind die „Worst-Case“-Überflugpfade durch blaue Linien dargestellt. Die Ermittlung der Ziel- bzw. Trackverlustwahrscheinlichkeit erfolgt an den blauen Punkten.

Die Farbkodierung der Darstellungswahrscheinlichkeit eines LFZ geschieht nach der folgenden Systematik:

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

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

Die Pfade sind hierbei:

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

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

Flugpfad A : Diagonal A von NNW - SSO oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad A kann die Länge des Pfades mit 8 Detektionen, entsprechend 1750 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 49,92 % an.

Flugpfad B : Diagonal B von SW - NO oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad B kann die Länge des Pfades mit 6 Detektionen, entsprechend 1250 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 25,34 % an.

Flugpfad C : Radial von W - O oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad C kann die Länge des Pfades mit 6 Detektionen, entsprechend 1250 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei 0 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 5,44 % an.

Flugpfad D : Tangential von NNO- SSW oder in umgekehrter Richtung

Beim Flugpfad D kann die Länge des Pfades mit 13 Detektionen, entsprechend 3000 m, angegeben werden. Die Trackverlustwahrscheinlichkeit liegt bei bis zu 11 Detektionen über 50 % und steigt auf maximal 75,89 % an.

7.2.4 Zusammenfassende Beurteilung der verschiedenen Überflugs-Szenarien für die Windrichtung II:

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

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

Untersucht wurden folgende Situationen:

- Bestand : Alle als Bestand gekennzeichneten WEA wurden als aktiv berücksichtigt
- Planung : Alle als Bestand und alle als Planung gekennzeichneten WEA wurden als aktiv berücksichtigt
- Planung opt. : Alle als Bestand gekennzeichneten WEA wurden als aktiv berücksichtigt. Die Planungsanlagen wurden **mit einer Rotordrehzahl von maximal 2,8 rpm** berücksichtigt.

Auf Grundlage aller durchgeführten Überflugbewertungen bzgl. zu erwartender Trackverlustwahrscheinlichkeiten von LFZ kann festgestellt werden, dass nach Errichtung der Planungsanlagen bei den betrachteten Überflügen eine Trackverlustwahrscheinlichkeit von maximal 75,89 % (Flugpfad Tangential) auftritt.

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

Trackverlustwahrscheinlichkeiten von über 50 % sind für ein LFZ mit einem RQS von 3 m^2 bei einem Überflug gemäß den Forderungen und Festlegungen der Flugsicherung radartechnisch nicht zulässig. Ein RQS von 3 m^2 entspricht z. B. einem einmotorigen Sportflugzeug.

Die Berechnungen beruhen auf der Annahme einer Windrichtung II für das Windparkgebiet im Bereich von ca. 110° . Dies entspricht dann einem Einfallswinkel von ca. 190° des Radargerätes auf die Windkraftanlagen.

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

Nachfolgend sind die Trackverlustwahrscheinlichkeiten für ein LFZ mit einem RQS von 3 m^2 für die verschiedenen untersuchten Situationen dargestellt. Die Kurven der verschiedenen Situationen sind teilweise deckungsgleich, sodass nicht immer alle Kurven durchgängig zu erkennen sind.

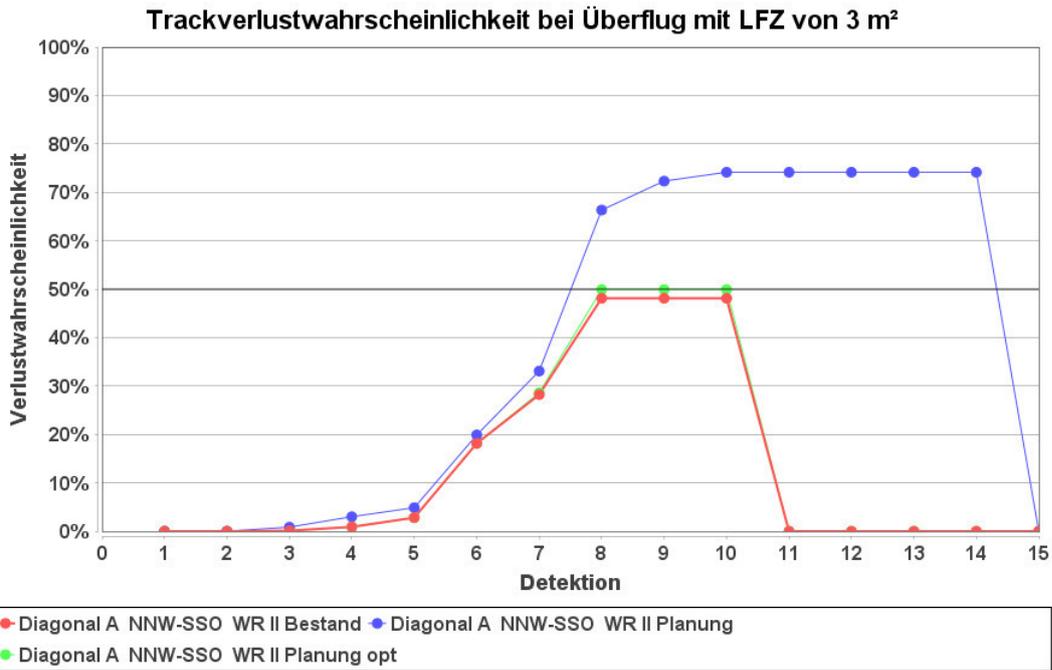


Abbildung 21: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Diagonal A) NNW-SSO

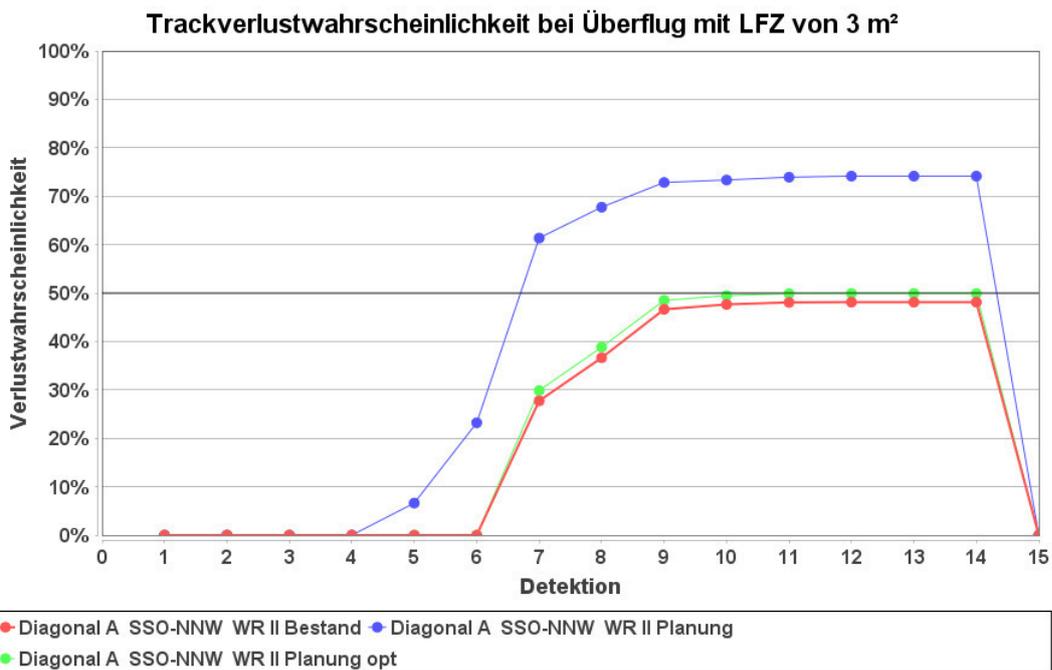


Abbildung 22: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Diagonal A) SSO-NNW

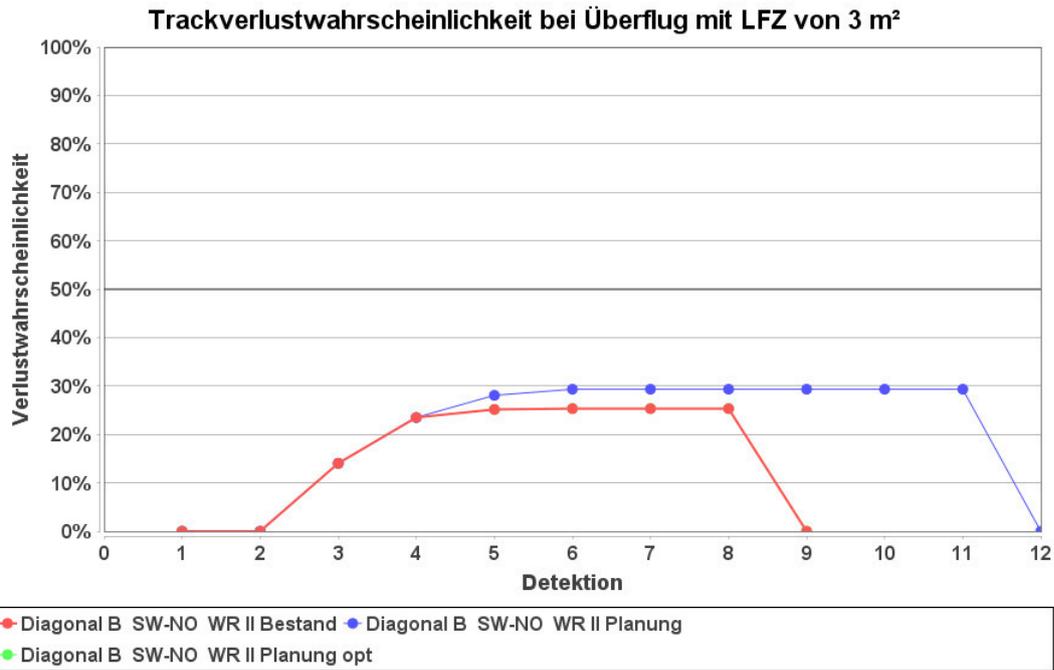


Abbildung 23: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Diagonal B) SW -NO

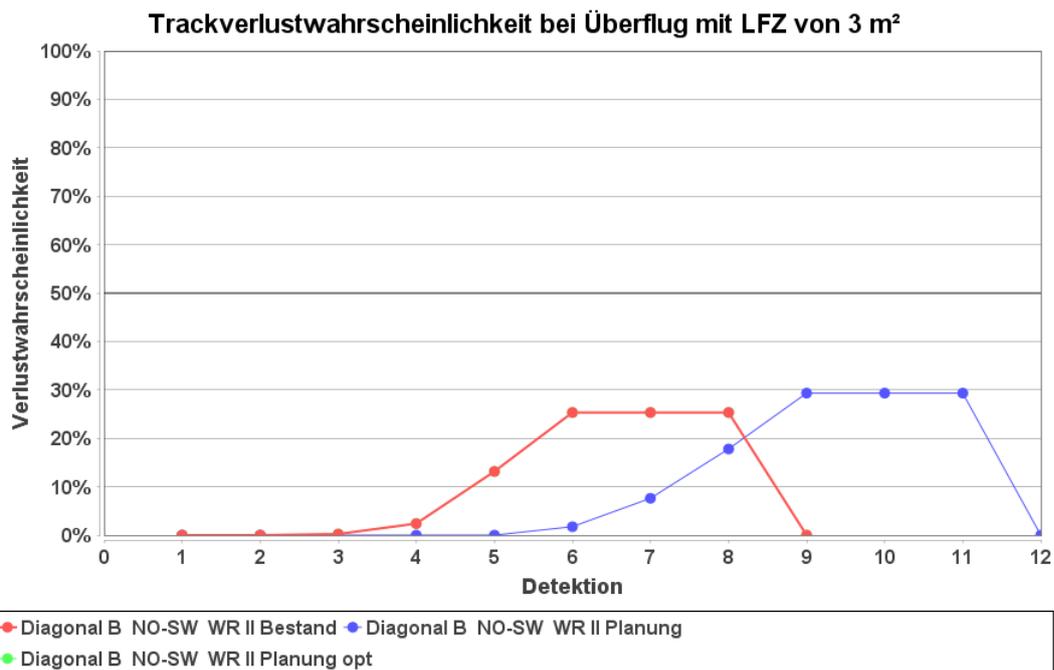


Abbildung 24: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Diagonal B) NO- SW

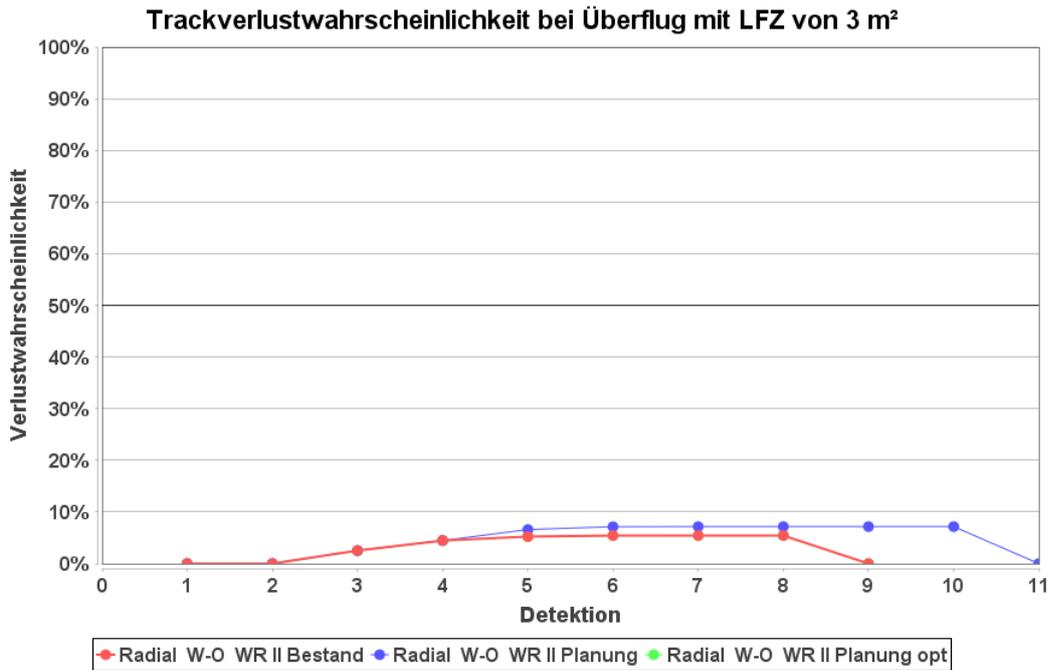


Abbildung 25: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Radial) W-O

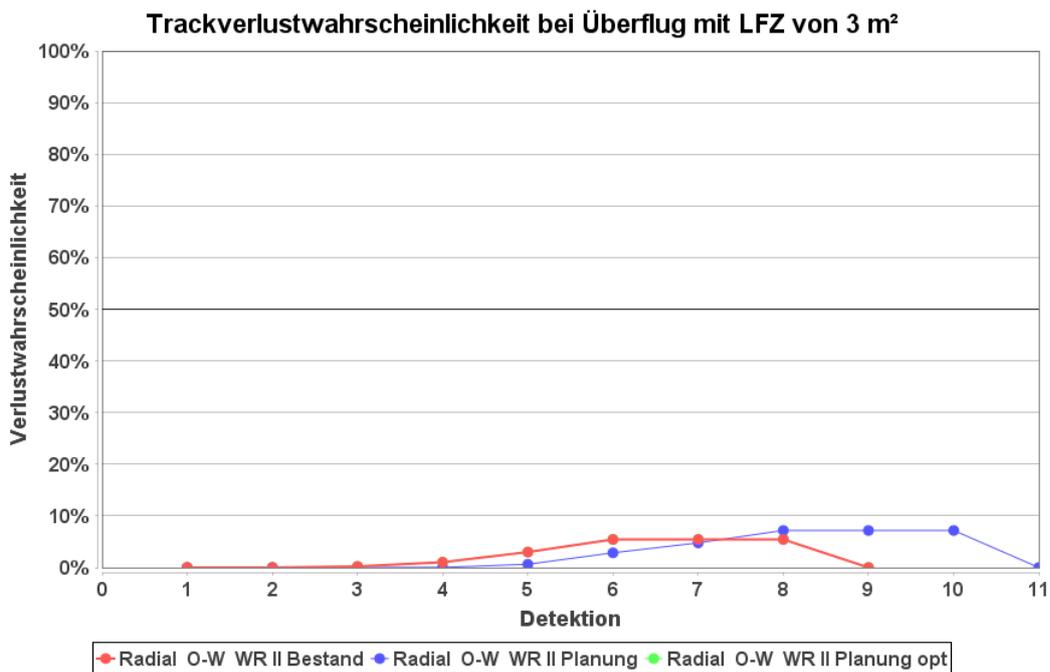


Abbildung 26: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Radial) O-W

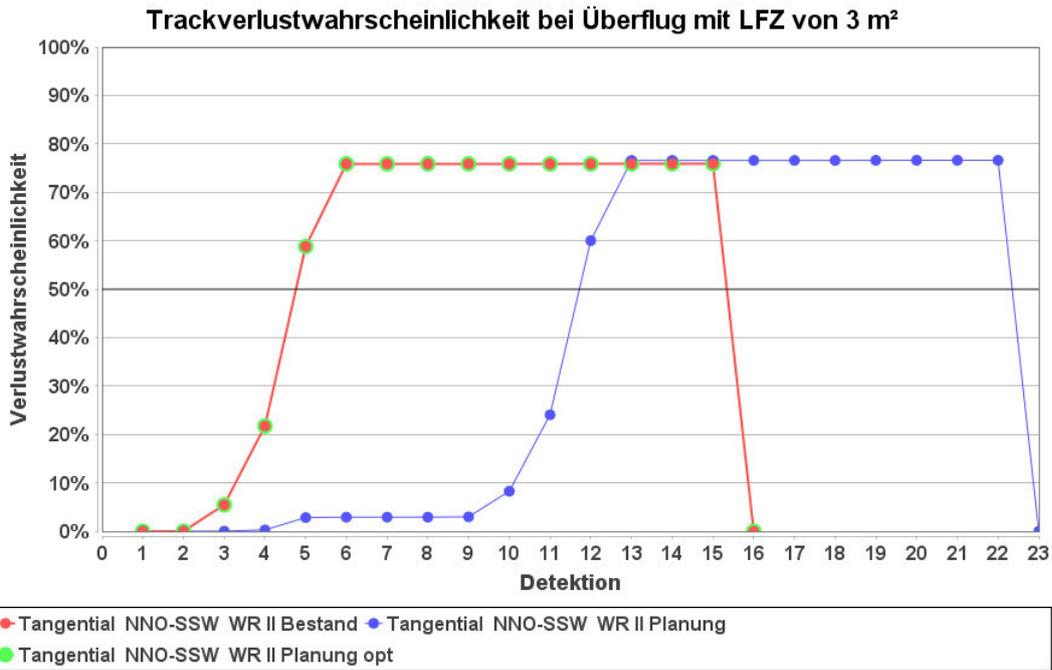


Abbildung 27: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Tangential) NNO-SSW

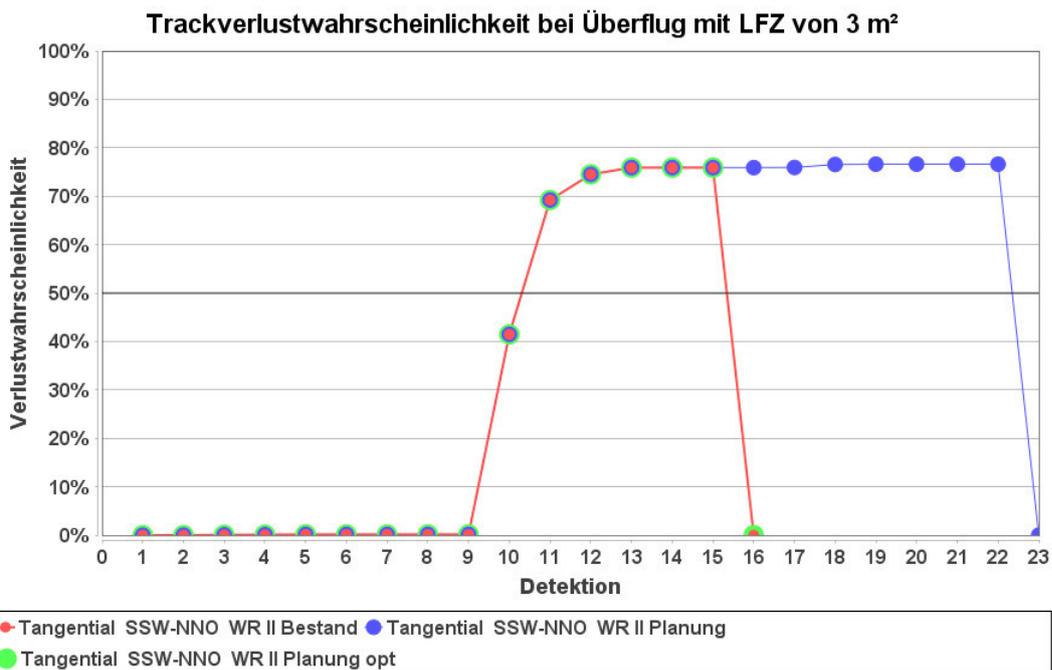


Abbildung 28: Trackverlustwahrscheinlichkeit bei einem Überflug (Tangential) SSW-NNO

8 CFAR-Algorithmus / „Schwellwert-Anhebung“

Die Beeinträchtigung der LFZ-Darstellung wird durch verschiedene reflektierende Objekte beeinflusst, die von der CFAR-Cluttermap und der DCM – Dopplercluttermap – unterschiedlich berücksichtigt werden.

Cluttermap bei statischen Bauwerken:

Statische Bauwerke – die keinen Doppleranteil haben und deren RQS nicht zeitvariant sind wie beispielsweise bei großen Gebäuden – werden als Festziele berücksichtigt und innerhalb einer Abtastzelle unterdrückt. Abhängig von der tatsächlichen Position können bis zu vier derartige Zellen betroffen sein. Unter der Annahme einer Abtastzelle der Cluttermap der Dimension

Range: 60 m und

Azimut ca. $0,7^\circ$

wird dieses ortsfeste Ziel innerhalb einer Zelle von ca. 120 m und ca. $1,45^\circ$ unterdrückt.

Cluttermap bei WEA:

Im Zusammenhang mit WEA, deren Reflexionssignal durch Dopplerinformationen gekennzeichnet ist, ist die nachstehende Bewertung erforderlich. Bei mehrstufigen Dopplerfiltern moderner digitaler Radarsysteme ergeben sich abhängig von der Dopplerfrequenz Einflüsse auf die Cluttermap und auf die DCM (Dopplercluttermap).

Ausgehend von der LFZ-Position wird über Range ein Nachbarschaftsbereich von 24 Zellen (1440 m) sowie über Azimut ein Bereich von $1,45^\circ$ zur Bewertung herangezogen. Wenn ein weiteres Ziel, zusätzlich zum LFZ, jetzt erfasst wird z.B. eine WEA, wird diese dargestellt. Wenn nun diese WEA oder mehrere WEAs als Gruppe mehr als 7 Zellen a 60 m Range von 24 Zellen belasten (also innerhalb von 1440 m), dann ist als Ergebnis eine Zone von allen 24 Zellen (1440 m) betroffen. Diese CFAR-Zone berechnet sich von der am weitesten entfernten WEA zurück zum Radar.

Es wird innerhalb dieses Gebietes, das sich auf die LFZ-Position bezieht, der Einfluss aller Objekte integriert. Innerhalb dieses Gebietes beeinflussen eine oder mehrere WEA das Clutterniveau bzw. die CFAR-Schwelle. Neben dem dynamischen RQS der WEA sind die Position und die räumliche Anordnung mehrere WEAs innerhalb dieses Nachbarschaftsgebietes von besonderer Bedeutung.

Die Abbildung 29 zeigt für die untersuchte Situation das Gebiet in dem eine CFAR-Schwellwertanhebung stattfindet. Das Gebiet der CFAR-Schwellwertanhebung für die untersuchten Situationen ist folgendermaßen umrandet dargestellt:

- „Bestand“ = gelb
- „Planung“ = rot
- „Planung opt“ = identisch zu „Planung“

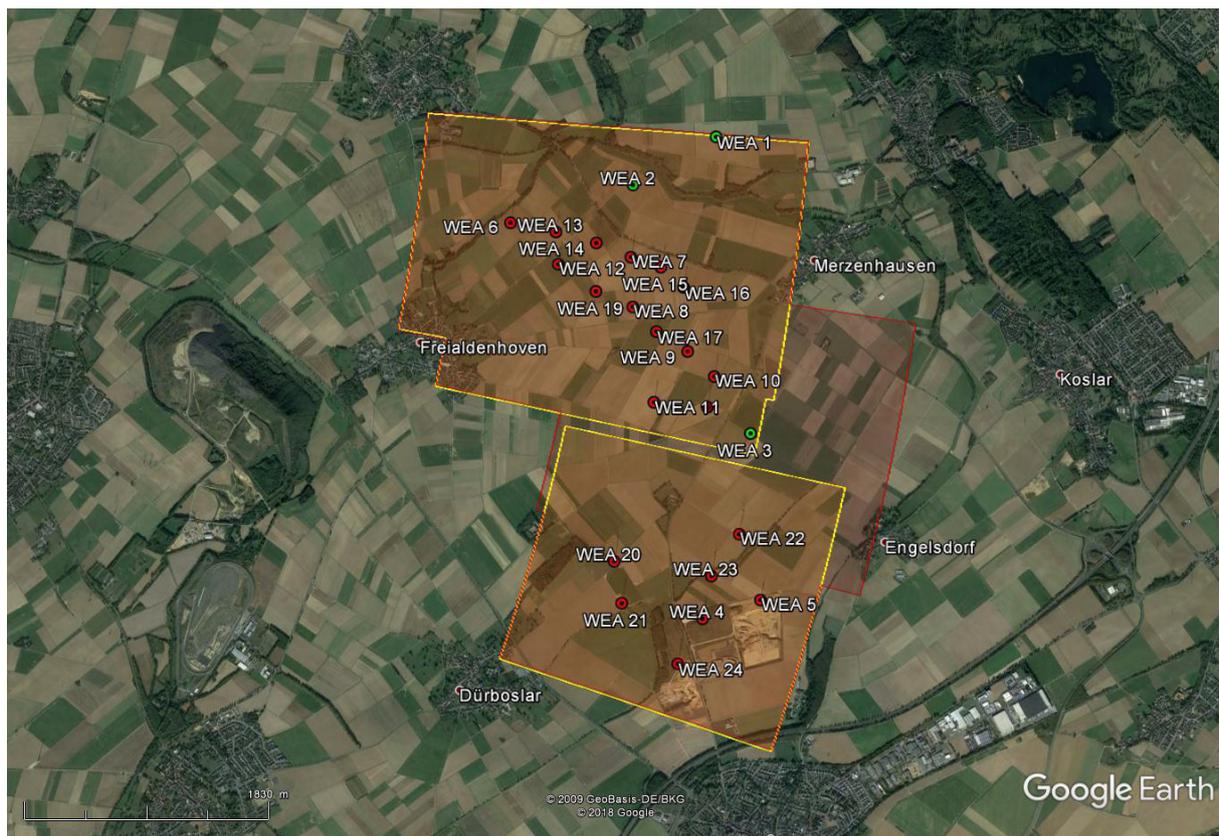


Abbildung 29: Gebiet der CFAR-Schwellwertanhebung für die untersuchten Situationen. Die Gebiete sind teilweise deckungsgleich.

Das farbig gekennzeichnete Gebiet bedeutet, dass innerhalb dieser Grenzen eine Anhebung der CFAR-Schwelle durch die vorhandenen WEAs gegeben ist. Durch die Anhebung der Schwelle kann es, in Abhängigkeit vom RQS des zu detektierenden LFZ, zu einer Beeinträchtigung bei der Darstellung kommen. Zurzeit kann mangels messtechnischer Referenzierung noch keine Aussage zur Intensität der CFAR-Beeinflussung durch WEA erfolgen.

In der Praxis von Windparks machen aufgrund der mangelnden Range-Ausdehnung einzelnen WEA oder 2 WEAs kein Problem, d.h. keine CFAR Anhebung.

9 Informative Darstellung der Bewertung der Planung mit der Software, die von der Bundeswehr verwendet wird

Als ergänzende Information der Planung werden die Ergebnisse dargestellt, die ermittelt werden, wenn das der Bundeswehr zur Verfügung gestellte WEA-Störzellen-Tool in der Version 1.5.4 vom 20.04.2018 genutzt wird.

Die nachstehende Abbildung gibt einen informativen Überblick über das zu erwartende Bewertungsergebnis bei Anwendung des dem LuFaBw zurzeit zur Verfügung stehende Bewertungstools, dass eine informative Aussage zur möglichen Änderung der Einflüsse auf die DCM-Zellen des Radarortungssystems erlaubt.

Dabei werden die Charakteristika der WEA sowie die Einflüsse unterschiedlicher Windrichtungen sowie Rotordrehzahlen nicht beachtet. Ersatzweise erfolgt die Wahl eines Störtyps, der sehr grob zwischen kleinen, mittleren und großen WEAs unterscheidet.

Diese Bewertung erlaubt keine Aussage zur Sicherheit oder zur Verlustwahrscheinlichkeit eines LFZ-Tracks. Naturgemäß ergeben sich dadurch Unterschiede gegenüber einer Detailbewertung, die eine Überflugbewertung einschließt.



Abbildung 30: Zu erwartendes Ergebnis der Betrachtung der Situation „Bestand“ mit dem WEA-Störzellen-Tool der Bundeswehr.



Abbildung 31: Zu erwartendes Ergebnis der Betrachtung der Situation „Planung“ mit dem WEA-Störzellen-Tool der Bundeswehr.

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



Abbildung 32: Zu erwartendes Ergebnis der Betrachtung der Situation „Planung opt“ mit dem WEA-Störzellen-Tool der Bundeswehr.

Anhang A: Abkürzungen in diesem Dokument

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; HADR	=	Typenbezeichnungen von Radargeräten zur Luftverteidigung	
NH	=	Nabenhöhe	
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 %.	
RQS/RCS	=	Radar-Cross-Section (Radarquerschnitt/Radarreflexionsintensität)	
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	
UTD	=	Uniform Theorie of Diffraction: Analyseverfahren zur Hochfrequenzausbreitung	
WEA	=	Windenergieanlage(n)	
Störhäufigkeit	=	Häufigkeit der Detektion und LFZ – ähnlichen Darstellung einer WEA auf dem Radarschirm der ASR 910.	
LFZ-Zielverlust	=	Bei ausschließlicher Bewertung der Primärradarerfassung liegt ein LFZ-Zielverlust vor, wenn in unmittelbarer Folge die Darstellung einer LFZ-Position durch WEA beeinträchtigt wird, und in dem Zusammenhang keine eindeutige Zuordnung/Identifikation zwischen dargestelltem Ziel und einem LFZ herstellbar ist.	
Track	=	Spur	
Plot	=	Punkt- bzw. Positionsdarstellung auf dem Radarschirm	
DCM	=	Doppler Clutter Map	