



JUWI AG

WINDPARK MAINZ-HECHTSHEIM

AERONAUTICAL STUDY – UNBEFEUERTER TEIL VON ÜBER 65 M

Bericht

Version 1.0

Datum: 14.03.2019

© *airsight GmbH*
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin
Deutschland
Telefon: +49 30 45803177
Fax: +49 30 45803188
www.airsight.de

URHEBERRECHTSINFORMATIONEN

Der vorliegende Bericht ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Vervielfältigungen, zu denen auch das Fotokopieren zählt, sind nicht ohne Zustimmung erlaubt.

Version	Datum	Anmerkung
1.0	14.03.2019	Bericht

Dieser Bericht besteht aus:

43 Seiten.

Berlin, 14.03.2019

Angefertigt von:

Geprüft von:

Genehmigt von:



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
Kurzzusammenfassung	1
I Einführung	2
I.1 Aufgabenstellung	2
I.2 Datengrundlagen	3
I.3 Rechtliche Rahmenbedingungen	3
I.4 Methodik	4
I.5 Prämissen für die Untersuchung	4
II Kennzeichnung von Windenergieanlagen	5
III Diskussion des unbefeuerten Teils von WEA	7
IV Systembeschreibung	9
IV.1 Windenergieanlagen (WEA)	9
IV.2 Luftverkehr	11
IV.2.1 Allgemeines	11
IV.2.2 Flüge nach Sichtflugregeln (VFR)	11
IV.2.3 Flüge nach Instrumentenflugregeln (IFR)	11
IV.3 Luftraumstruktur	12
IV.4 Flugplätze	16
V Gefahrenanalyse	20
V.1 Einführung	20
V.2 Szenarien	21
V.2.1 Einführung	21
V.2.2 Überlandflüge nach Sichtflugregeln	21
V.2.3 Sonderflugverkehr	22
V.3 Gefahrentabelle	22

VI	Risikoanalyse	23
VI.1	Einführung	23
VI.2	Schadensschwere.....	24
VI.3	Auftrittshäufigkeit.....	25
VI.3.1	Einführung	25
VI.3.2	Überlandflug nach Sichtflugregeln	26
VI.3.3	Sonderflugverkehr	28
VI.4	Risikoakzeptanzmatrix.....	30
VI.4.1	Einführung	30
VI.4.2	Risikoeinstufung mit vorgesehener Befeuerung	31
VII	Maßnahmen	32
VIII	Zusammenfassung und Empfehlungen.....	33
	Abkürzungsverzeichnis.....	35
	Quellenverzeichnis	36

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nachtkennzeichnung von WEA an Land.....	6
Abbildung 2: Geplante, genehmigte und existierende Windenergieanlagen (WEA)	9
Abbildung 3: WEA Anlagentyp GE 5.3-158– Nabenhöhe 161 m.....	10
Abbildung 4: Luftraumstruktur / Sichtflugregeln in Deutschland.....	12
Abbildung 5: Luftraumstruktur im Umfeld der geplanten WEA	14
Abbildung 6: Ausschnitt Luftfahrtkarte – Aeronautical Chart 1:500.000.....	16
Abbildung 7: Ausschnitt Luftfahrtkarte – Sichtflugkarte Frankfurt-Main (EDDF).....	17
Abbildung 8: Ausschnitt Luftfahrtkarte – Sichtflugkarte Mainz/Finthen (EDFZ)	18
Abbildung 9: Ausschnitt Luftfahrtkarte – Sichtflugkarte HEL Mainz Joh. Gutenberg Uni Klinikum	19
Abbildung 10: Allgemeine Definition von Risiko.....	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geplante Windenergieanlage	9
Tabelle 2: Mindest-Sichtwetterbedingungen gemäß SERA für VFR-Verkehr.....	15
Tabelle 3: Gefahrentabelle	22
Tabelle 4: Kategorien der Schadensschwere.....	24
Tabelle 5: Kategorien der Auftretshäufigkeit.....	25
Tabelle 6: Gefahrentabelle mit Häufigkeiten	26
Tabelle 7: Risikomatrix.....	30
Tabelle 8: Risikomatrix mit Feuer W, rot	31

Kurzzusammenfassung

Im Kreis Mainz südwestlich von Mainz-Hechtsheim in Rheinland-Pfalz ist die Errichtung von einer Windenergieanlage (WEA) des Typs GE 5.3-158 durch die juwi AG geplant. Die angestrebte Befeuerung der WEA entspricht nicht der nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen vorgeschriebenen Kennzeichnung für die Nacht. Die Befeuerung weicht im Punkt des maximal zulässigen unbefeuchten Teils von 65 m über der letzten Befeuerungsebene bei der Verwendung von Feuer W, rot (ES) um ca. 10,5 m ab und weist einen unbefeuchten Teil von ca. 75,5 m auf.

Diese Studie untersucht, ob die Abweichung ein nicht akzeptables Risiko für den Luftverkehr darstellt und soll gegebenenfalls entsprechende Maßnahmen zur Minderung des Risikos aufzeigen.

Zwei verschiedene Szenarien sind als potenzielle Gefahren für den Flugbetrieb identifiziert worden, welche zu einer gefährlichen Annäherung mit den WEA führen können. Die Szenarien beinhalten Flüge nach Sichtflugregeln in der Nacht sowie Sonderflugverkehr, der aufgrund seiner besonderen Flugaufgabe nachts unterhalb der vorgeschriebenen Mindestflughöhen operieren kann (bspw. Einsätze der medizinischen Rettungskräfte).

Die nächsten Flugplätze bzw. Hubschrauberlandeplätze befinden sich in einer Entfernung von über sechs bzw. fünf Kilometern. Es ist aufgrund der Lage und Entfernungen nicht von relevantem tieffliegenden Flugplatzverkehr in der Umgebung der WEA auszugehen.

Mit Hilfe der entsprechenden Regularien zur Durchführung der jeweiligen Flugereignisse wurden die o.g. Gefahren von Experten hinsichtlich der zu erwartenden Wahrscheinlichkeit des Auftretens bewertet. Das Risiko einer potenziellen gefährlichen Annäherung, bestehend aus der zu erwartenden Wahrscheinlichkeit des Auftretens sowie der Schadensschwere, wurde für jedes Szenario ermittelt.

Das Risiko für Flüge nach Sichtflugregeln in der Nacht wird als „niedrig“ eingestuft, das Risiko für den Sonderflugverkehr entspricht der Einordnung „mittel“. Die erhöhte Einstufung wird durch die Natur des Sonderfluges selbst begründet, welcher in geringen Flughöhen und bei reduzierten Sichtminima stattfinden kann.

Es wurde festgestellt, dass die Verwendung der geplanten, nicht AVV-konformen, Befeuerung (Feuer W, rot (ES) mit einem um ca. 10,5 m vergrößerten unbefeuchten Teil) aus flugbetrieblicher Perspektive keine relevante Erhöhung des Risikos verursacht.

Bei Anwendung geeigneter Maßnahmen kann das Situationsbewusstsein hinsichtlich der Hindernissituation noch erhöht werden. Hierbei ist insbesondere die Ausstattung der WEA mit einer Infrarot-Befeuerung denkbar. Durch die Verwendung einer zusätzlichen Infrarot-Befeuerung kann das Risiko für den Sonderflugverkehr von „mittel“ auf „niedrig“ gemindert werden.

I Einführung

I.1 Aufgabenstellung

- I.1.1 Im Kreis Mainz südwestlich von Mainz-Hechtsheim in Rheinland-Pfalz ist die Errichtung von einer Windenergieanlage (WEA) des Typs GE 5.3-158 durch die juwi AG geplant. Es ist geplant, die WEA mit einer nicht den derzeit gültigen Allgemeinen Verwaltungsvorschriften (AVV) zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen entsprechenden Nachtkennzeichnung auszustatten. Die genannten Vorgaben sehen – bei Verwendung von Feuer W, rot (ES) – eine Blattspitzenbefeuerung vor, wenn der unbefeuerte, oberste Teil der Anlage 65 m überschreitet. Eine Blattspitzenbefeuerung ist für die geplante WEA jedoch nicht vorgesehen.
- I.1.2 Zunächst wird die Thematik des unbefeuerten Teils von Windenergieanlagen allgemein diskutiert. Hierbei soll u.a. auf verschiedene Regularien eingegangen werden.
- I.1.3 Der wesentliche Gegenstand dieser Studie ist jedoch die standortbezogene Untersuchung der Auswirkungen des um ca. 10,5 m gegenüber der Vorschrift erhöhten unbefeuerten Bereichs von ca. 75,5 m anstatt 65 m auf die Flugsicherheit. Im Bedarfsfall sollen risikoreduzierende Maßnahmen entwickelt werden, welche zur Gewährleistung der flugbetrieblichen Sicherheit beitragen.
- I.1.4 In der Umgebung der WEA liegt der Verkehrsflughafen Frankfurt-Main (EDDF). Am Flughafen Frankfurt-Main werden Flüge nach Instrumentenflugregeln (IFR) und Sichtflugregeln (VFR) durchgeführt. Es sei darauf hingewiesen, dass die Überprüfung der Flugverfahren und Anlagenschutzbereiche um Flugsicherungseinrichtungen nicht Gegenstand dieser Studie ist. Fokus dieser Studie ist der Sichtflugverkehr.
- I.1.5 Derzeitig liegen dem Projektteam keine Genehmigungen der Windenergieanlagen bzw. Stellungnahmen der zuständigen Landesluftfahrtbehörde, des Bundesaufsichtsamtes für Flugsicherung (BAF) sowie des Bundesamtes für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr (BAIUDBw) vor.¹

¹ Das Vorhaben befindet sich derzeit im Genehmigungsverfahren.

I.2 Datengrundlagen

I.2.1 Folgende Datengrundlagen wurden für die Untersuchung zur Verfügung gestellt bzw. verwendet:

- juwi AG
 - Standortkoordinaten, Höhen und Parameter der WEA
 - Technischen Zeichnungen der WEA; Übersichtsplan
- DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
 - Luftfahrtkarte Aeronautical Chart 1:500.000
 - Kursführungsmindesthöhenkarte (Minimum Vectoring Altitude Chart)
 - Streckenkarte Unterer Luftraum (Enroute Chart Lower Airspace)
 - Luftfahrthandbuch Deutschland – ENR 2.1 FIR, UIR, Luftraumklassifizierung [1]
 - Luftfahrthandbuch Deutschland – ENR 5.4 (Luftfahrthindernisse – Strecke) [1]
 - Sichtflugkarte Flughafen Frankfurt-Main (EDDF)
 - Sichtflugkarte Verkehrslandeplatz Mainz/Finthen (EDFZ)
 - Sichtflugkarte HEL Mainz (Joh. Gutenberg Uni Klinikum)

I.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

I.3.1 Das vorliegende Gutachten wurde entsprechend bestehender nationaler und internationaler Regularien durchgeführt. Folgende Dokumente sind hierfür insbesondere von Bedeutung:

- Allgemeine Verwaltungsvorschrift (AVV) zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen, NfL 1-950-17 [2]
- Luftverkehrsordnung (LuftVO) [3]
- EU Durchführungsverordnung 923/2012 zur Festlegung gemeinsamer Luftverkehrsregeln und Betriebsvorschriften für Dienste und Verfahren der Flugsicherung (SERA) [4]
- EASA Certification Specification and Guidance Material for Aerodrome Design (CS-ADR-DSN) [5]
- ICAO Annex 2, Rules of the Air [6]
- ICAO Annex 11, Air Traffic Services [7]
- ICAO Annex 14, Volume 1, Aerodromes [8]

I.4 Methodik

- I.4.1 Die vorliegende Studie ist in vier Unterabschnitte aufgeteilt, die den einzelnen Schritten des angewendeten Sicherheitsrisiko-Bewertungsprozesses entsprechen.
- I.4.2 Der angewendete Prozess für die Risikobewertung basiert auf den Leitfäden der International Civil Aviation Organization (ICAO) und der European Aviation Safety Agency (EASA).
- I.4.3 Im Kapitel II werden zunächst die Anforderungen zur Kennzeichnung von WEA gemäß der AVV zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen dargestellt. In Kapitel III wird anschließend die Thematik des unbefeuerten Teils von Windenergieanlagen allgemein diskutiert.
- I.4.4 In den folgenden Kapiteln IV - VII werden die Auswirkungen der nicht AVV-konformen Befeuern auf die Flugsicherheit standortbezogen untersucht sowie risikoreduzierende Maßnahmen abgeleitet, sofern notwendig.
- I.4.5 Die Ergebnisse der Studie werden in Kapitel VIII zusammengefasst.

I.5 Prämissen für die Untersuchung

- I.5.1 Die vorliegende Studie basiert auf definierten Prämissen zur Systembeschreibung (siehe nachfolgender Abschnitt) sowie zu den beschriebenen Verkehrsarten im Bereich der zu errichtenden WEA.
- I.5.2 Die genannten Prämissen finden ebenfalls für die gesamte Risikobewertung Anwendung. Wird von diesen abgewichen, kann eine erneute Risikobewertung notwendig sein.

II Kennzeichnung von Windenergieanlagen

II.1 WEA werden von der Gesetzgebung wie andere Hindernisse für den Luftverkehr – Türme, Schornsteine oder hohe Gebäude – behandelt und sind entsprechend der aktuell geltenden AVV zu kennzeichnen. Dies enthält folgende Forderungen für die Nachtkennzeichnung auf dem Festland (AVV, Abschnitt 3 Nachtkennzeichnung):

§17.1: „Die Nachtkennzeichnung der Windenergieanlagen erfolgt durch Hindernisfeuer, Hindernisfeuer ES, Gefahrenfeuer, Blattspitzenhindernisfeuer, Feuer W, rot oder Feuer W, rot (ES)“

§17.2: „Bei Anlagenhöhen von mehr als 150 m über Grund oder Wasser sind zusätzliche Hindernisbefeuerungsebene(n) am Turm erforderlich. Dabei müssen aus jeder Richtung mindestens zwei Hindernisfeuer sichtbar sein. Einer Abschirmung der Befeuerungsebenen am Turm durch stehende Rotorblätter bei Verwendung von Gefahrenfeuern, Feuern W, rot und Feuern W, rot (ES) ist durch Anzahl und Anordnung der Feuer entgegenzuwirken.“

II.2 Die Anforderungen der verschiedenen Feuer sind in der AVV spezifiziert:

- Hindernisfeuer und Hindernisfeuer (ES) sind Rundstrahlfeuer mit einem horizontalen Abstrahlwinkel von 360° oder Teilfeuer einem horizontalen Abstrahlwinkel von <360° und einer Mindestlichtstärke von 10 cd.
- Gefahrenfeuer sind Rundstrahlfeuer mit einer Lichtstärke von 2.000 cd. Bei der Verwendung von Gefahrenfeuern soll der unbefeuerte Teil der WEA im Flughafenbereich nicht 15 m und außerhalb nicht mehr als 50 m überschreiten.
- Blattspitzenfeuer sind an den Rotorblattspitzen befestigte Feuer mit einer Mindestlichtstärke von 10 cd. Bei der Verwendung von Blattspitzenfeuern sollen zusätzlich auf dem Maschinenhaus Hindernisfeuer installiert werden. Mit Hilfe einer Steuerungseinrichtung ist zu gewährleisten, dass die Befeuerung des höchsten Blatts aktiviert ist. Bei Stillstand werden alle Spitzen aktiviert.
- Feuer W, rot und Feuer W, rot (ES) sind getaktete Rundstrahlfeuer mit einem horizontalen Abstrahlwinkel von 360° und Lichtstärke von 100 cd. Die Taktfolge lautet 1 s hell – 0,5 s dunkel – 1 s hell – 1,5 s dunkel. Das Feuer W, rot soll gedoppelt verwendet werden, der unbefeuerte Teil der WEA soll nicht höher als 65 m sein.

II.3

Die folgende Abbildung stellt die verschiedenen Möglichkeiten der Positionierung der unterschiedlichen Befeuerungselemente für Anlagen mit einer Gesamthöhe von mehr als 150 m auf dem Festland dar.

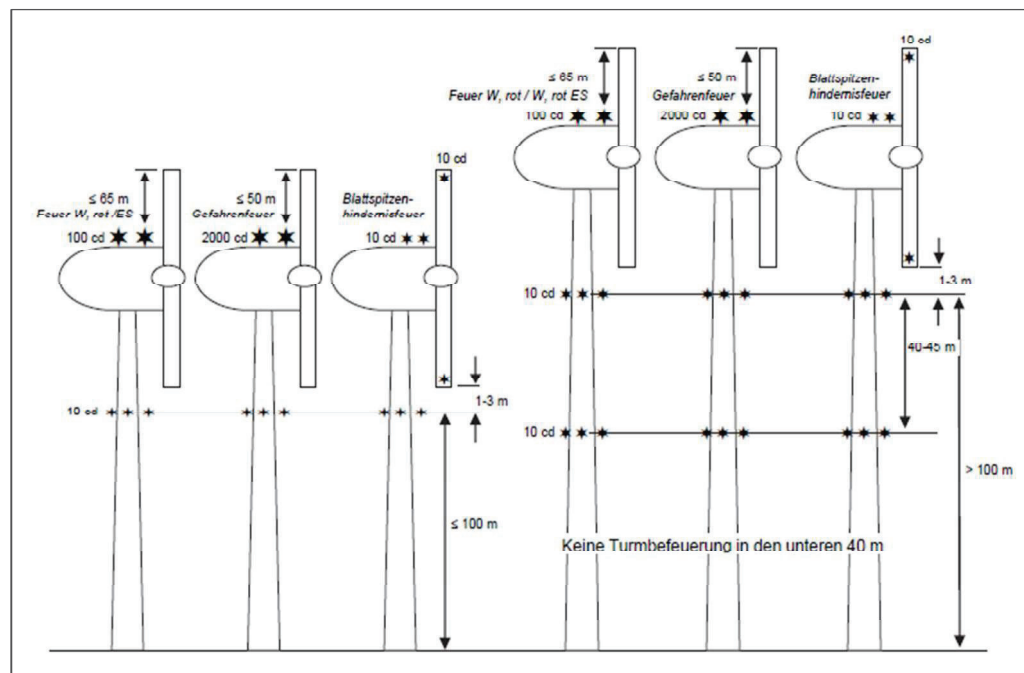


Abbildung 1: Nachtkennzeichnung von WEA an Land²

II.4

Für WEA im Meeresbereich (Offshore) gelten teilweise abweichenden Anforderungen.

² Siehe [2]

III Diskussion des unbefeuchten Teils von WEA

- III.1.1 In den deutschen Vorschriften der AVV zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen wird gefordert, dass bei Verwendung eines Feuers W, rot (ES) der unbefeuchte Teil 65 m nicht überschreiten darf. Andernfalls ist eine Blattspitzenbefeuerung notwendig.
- III.1.2 Die Forderungen einer Blattspitzenbefeuerung sind für Hersteller eine technische Herausforderung. Zudem kann die Akzeptanz einer Blattspitzenbefeuerung seitens der Bevölkerung aufgrund der Einschaltsteuerung und Rotationsbewegung als gering angesehen werden. Alternativen zur Vermeidung einer Blattspitzenbefeuerung, bspw. Beleuchtung des Rotorblatts oder eine Aufständigung des Feuers W, rot sind ebenfalls mit technischen Herausforderungen³ und/oder geringer Akzeptanz der Bevölkerung verbunden.
- III.1.3 Die grundsätzlichen Prinzipien der Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen basieren auf internationalen Vorgaben zum Luftverkehr. Maßgebliche Vorschriften sind im Annex 14 der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) festgehalten. Die ICAO-Mitgliedstaaten haben sich verpflichtet, die ICAO Standards in nationale Regelungen zu überführen. Im europäischen Raum gelten zudem weitere Vorschriften der Europäische Agentur für Flugsicherheit (EASA) bzgl. Flugplätze, die u.a. Anforderungen an die Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen beinhalten und auf den Vorgaben der ICAO basieren. In Deutschland wurden die internationalen Vorgaben mit der AVV zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen in nationale Vorschriften überführt.
- III.1.4 Es sei betont, dass die Vorschrift zum unbefeuchten Teil eine nationale Besonderheit darstellt. In den ICAO und EASA Vorschriften gibt es keine Anforderungen für eine Blattspitzenbefeuerung; stattdessen soll für WEA mit einer Gesamthöhe von bis zu 315 m die Befeuerung auf dem Gondelgehäuse montiert werden.

³ Aufgrund statischer Anforderungen und Windlasten kann eine Aufständigung des Feuers W, rot u.U. nicht realisiert werden, bzw. bieten die Hersteller der WEA eine solche Variante nicht an.

- III.1.5 Die nationale AVV-Festlegung der 65 m bzgl. des unbefeuerten Teil bei Verwendung eines Feuer W, rot beruhte auf der damals größten anzunehmenden WEA [9]. Diese Regelung wurde kürzlich im Rahmen einer Überarbeitung der AVV diskutiert. Hierzu wurden Untersuchungen durchgeführt, welche darstellen, dass von einem größeren unbefeuerten Teil keine besonderen Risiken für die Luftfahrt ausgehen; die Ergebnisse zeigen, dass die Sichtbarkeit eines Feuer W, rot mit einem unbefeuerten Teil von bis zu 100 m gegeben ist [10]. Darüber hinaus ist es Luftfahrzeugführern insbesondere bei Nacht nicht möglich eine genaue visuelle Höheneinschätzung zu geben, unabhängig ob 65 m oder 100 m; zudem sind die Vorschriften zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen und damit die Regelungen zum unbefeuerten Teil oftmals nicht geläufig.
- III.1.6 Nach Kenntnisstand des Projektteams wird die Regelung zum unbefeuerten Teil mit der nächsten AVV zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen entfallen. Die Begründung hierfür liegt in den o.g. Ausführungen. Eine Veröffentlichung der neuen AVV ist für das Jahr 2019 geplant.
- III.1.7 Nichtsdestotrotz sind Abweichungen von den Bestimmungen der derzeit gültigen AVV (§30 der AVV) durch die zuständigen Genehmigungsbehörden mit Zustimmung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) möglich. Hierzu ist i.A. eine standortbezogene luftfahrttechnische Studie (Aeronautical Study) notwendig. Die folgenden Kapitel untersuchen in diesem Sinne die Auswirkungen auf die Luftfahrt durch die geplanten WEA.

IV Systembeschreibung

IV.1 Windenergieanlagen (WEA)

IV.1.1 Windenergieanlagen (WEA) mit einer Höhe von mehr als 100 m gelten allgemein als Luftfahrthindernisse und müssen entsprechend der AVV zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen gekennzeichnet werden. Dabei wird zwischen Tages- und Nachtkennzeichnungen unterschieden, welche sich in Abhängigkeit der Gesamthöhe der WEA aus unterschiedlichen Befeuerungselementen und farblichen Markierungen zusammensetzen.

IV.1.2 Die folgende Abbildung stellt die Lage der geplanten WEA dar. Es ist anzumerken, dass in der nahen Umgebung weitere WEA existieren und eine weitere genehmigte WEA sich bereits im Bau befindet. In der folgenden Abbildung sind bereits existierende WEA in Blau, genehmigte WEA in Gelb und die geplante WEA in Rot gekennzeichnet. Des Weiteren sind Hindernisse gemäß AIP ENR 5.4 in der Umgebung dargestellt.

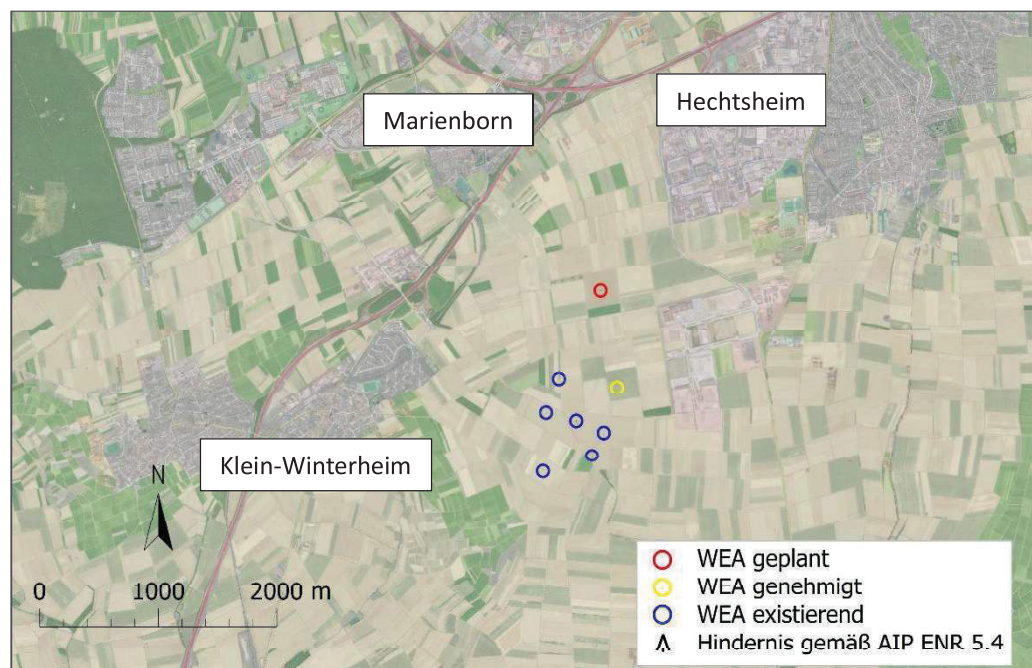


Abbildung 2: Geplante, genehmigte und existierende Windenergieanlagen (WEA)

IV.1.3 Die nachstehende Tabelle führt den Standort der geplanten WEA auf.

Tabelle 1: Geplante Windenergieanlage

WEA	Koordinaten (WGS 84)		Baugrund [m] NHN	Anlagenhöhe [m] über Grund	Gesamthöhe [m] / [ft] NHN
	Geografische Länge	Geografische Breite			
WEA H5	8° 14' 36,84"	49° 56' 57,45"	166.57	240	406.49 / 1.334

IV.1.4 Der geplante WEA-Anlagentyp weist folgende Eigenschaften auf:

- Anlagentyp GE 5.3-158
- Rotordurchmesser 158 m
- Nabenhöhe 161 m über Grund
- Maschinenhausbefuerung über Narbenhöhe 3,5 m

IV.1.5 Die folgende Abbildung stellt die geplanten WEA schematisch dar.

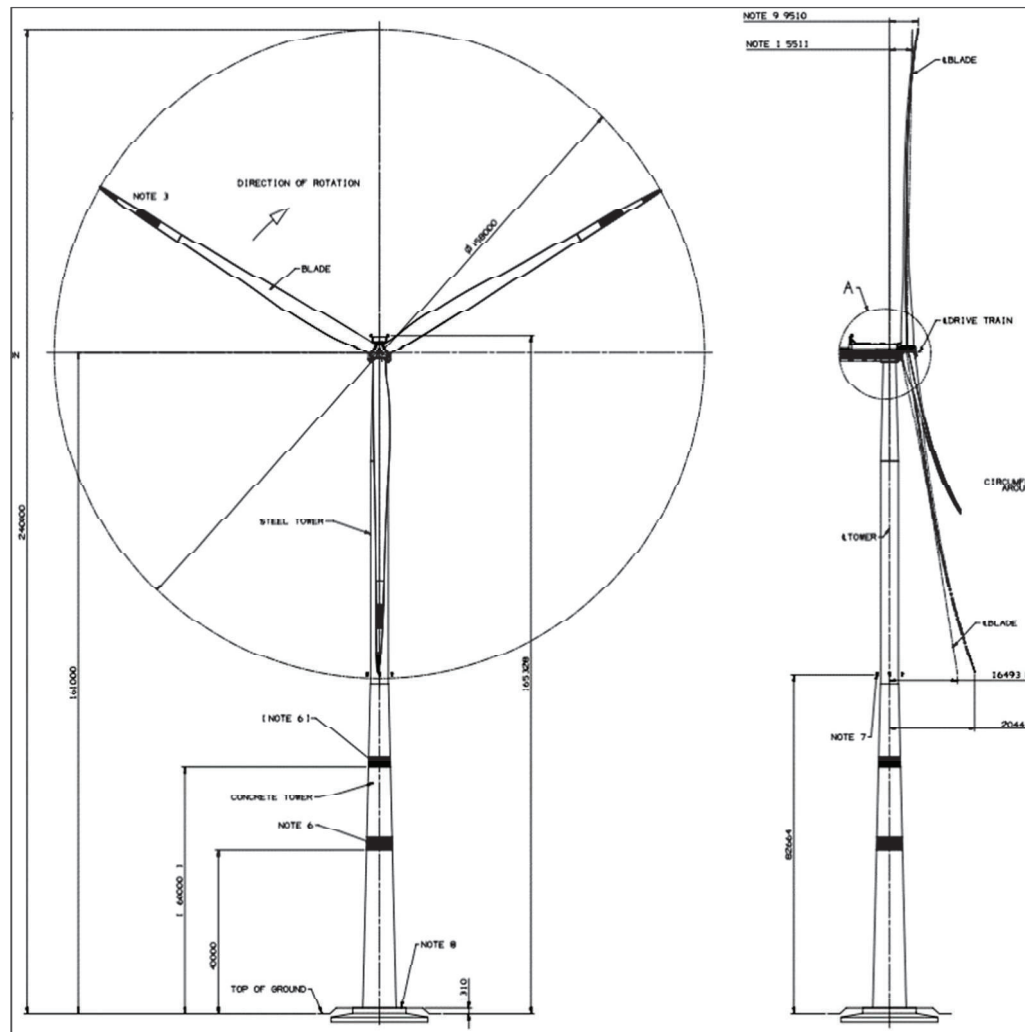


Abbildung 3: WEA Anlagentyp GE 5.3-158– Nabenhöhe 161 m

IV.1.6 Die WEA soll mit einer Nachtkennzeichnung ausgerüstet werden, welche von den bestehenden Regularien abweicht; der unbefeuerte Teil der Anlage überschreitet die gemäß AVV maximalen 65 m um ca. 10,5 m.⁴

⁴ Es ist eine Aufständigung der Befuerung vorgesehen. Diese reicht jedoch nicht aus, den unbefeuerten Teil auf 65 m zu reduzieren.

IV.2 Luftverkehr

IV.2.1 Allgemeines

- IV.2.1.1 Grundsätzlich wird in der Luftfahrt zwischen Visual Flight Rules (VFR) und Instrument Flight Rules (IFR) unterschieden. Dies beschreibt, auf welche Weise der Luftfahrzeugführer navigiert sowie weitere Aspekte, die u.a. Ausweichregeln gegenüber Hindernissen beinhalten (vgl. ICAO Annex 2 „Rules of the Air“ [6]).
- IV.2.1.2 Es sei darauf hingewiesen, dass die Überprüfung der Flugverfahren und Anlagenschutzbereiche um Flugsicherungseinrichtungen nicht Gegenstand dieser Studie ist.

IV.2.2 Flüge nach Sichtflugregeln (VFR)

- IV.2.2.1 Navigation nach Sicht - Visual Flight Rules (VFR) – hat vor allem in der Allgemeinen Luftfahrt / General Aviation (GA) – Bedeutung. Der Luftfahrzeugführer navigiert fast ausschließlich nach Sicht und muss bestimmte Abstände zu Wolken einhalten. Dadurch ist er in seiner Wahl des Flugweges teilweise sehr eingeschränkt und abhängig von der Entwicklung der aktuellen Wetterlage.
- IV.2.2.2 Kollisionen mit anderen Luftfahrzeugen oder Hindernissen muss der Luftfahrzeugführer eigenverantwortlich vermeiden („see and avoid“). Die entsprechenden Wetterminima, die einzuhalten sind (horizontale Flugsicht in km und vertikaler Abstand zu Wolken in ft) hängen vom jeweiligen Luftraum ab, in dem sich das Luftfahrzeug (LFZ) befindet. Wetterbedingungen, die einen Flug unter VFR zulassen, werden als Visual Meteorological Conditions (VMC) bezeichnet.

IV.2.3 Flüge nach Instrumentenflugregeln (IFR)

- IV.2.3.1 Kommerzielle Verkehrsfliegerei wird fast ausschließlich mit Hilfe von Navigation nach Instrumenten durchgeführt (sog. Instrument Flight Rules – IFR), um die Beeinflussung des Flugweges durch das Wetter zu minimieren. Flüge durch Wolken (Ausnahme: Gewitter) müssen nicht vermieden werden, Minima bezüglich der horizontalen Sichtweite und Abständen zu Wolken sind nur beim Start und während der Landung einzuhalten.
- IV.2.3.2 Hindernisse werden durch die Einhaltung von Instrumentenflugverfahren vermieden. Diese bestehen für den An- und Abflug und den Streckenbereich. Bei der Konstruktion der jeweiligen Instrumentenflugverfahren werden entsprechende Verfahrensschutzräume zur Vermeidung von Hindernissen vorgesehen, so dass diese auch in Instrument Meteorological Conditions (IMC) ohne Risiko geflogen werden können und die angestrebte nicht AVV konforme Befeuern der WEA zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen für die Nacht nicht relevant ist.

- IV.2.3.3 Flüge nach Instrumentenflugregeln finden in Deutschland auf festgelegten Flugrouten oder abseits dieser oberhalb von Mindestflughöhen (Minimum Vectoring Altitudes, MVA) mit Freigabe der Flugsicherung statt. Hierfür werden in Deutschland kontrollierte Lufträume bzw. für kleinere Flugplätze mit Instrumentenflugverfahren eine Radio Mandatory Zone (RMZ) im unkontrollierten Luftraum G eingerichtet.

IV.3 Luftraumstruktur

- IV.3.1 Ein weiteres Kriterium für die Wahl der jeweiligen Flugregeln und die Anforderungen an die erforderlichen meteorologischen Rahmenbedingungen ist die Luftraumstruktur, welche sich (gem. ICAO Annex 2 [6] und ICAO Annex 11 [7]) in unterschiedliche Luftraumklassen von A (Alpha) bis G (Golf) unterteilt. Die Unterscheidung der Lufträume erfolgt u.a. durch die Art der Überwachung seitens der Flugsicherung (kontrollierter/unkontrollierter Luftraum), Staffelungskriterien und Richtlinien bezüglich der Mindestsichtweiten, Bodensicht und minimalen Wolkenabständen für VFR-Verkehr sowie Maximalgeschwindigkeiten.
- IV.3.2 Die Lufträume unterscheiden sich sowohl in ihrer horizontalen als auch vertikalen Anordnung. In Deutschland gibt es die Lufträume C (Charlie), D (Delta), E (Echo) und G (Golf). Jeder ICAO-Mitgliedsstaat kann prinzipiell entscheiden, welche Luftraumklassen er in seinem nationalen Luftraum einführt. Die am 26. September 2012 erlassene EU-Verordnung 923/2012 zur Einführung standardisierter Luftverkehrsregeln [4] – Standardised European Rules of the Air (SERA) – ist mittlerweile auch in Deutschland geltendes Recht. Sie wurde eingeführt, um speziell für den VFR-Verkehr innerhalb Europas einheitliche Regularien bezüglich Luftraumstruktur, Wetterminima und Luftverkehrsregeln zu ermöglichen.

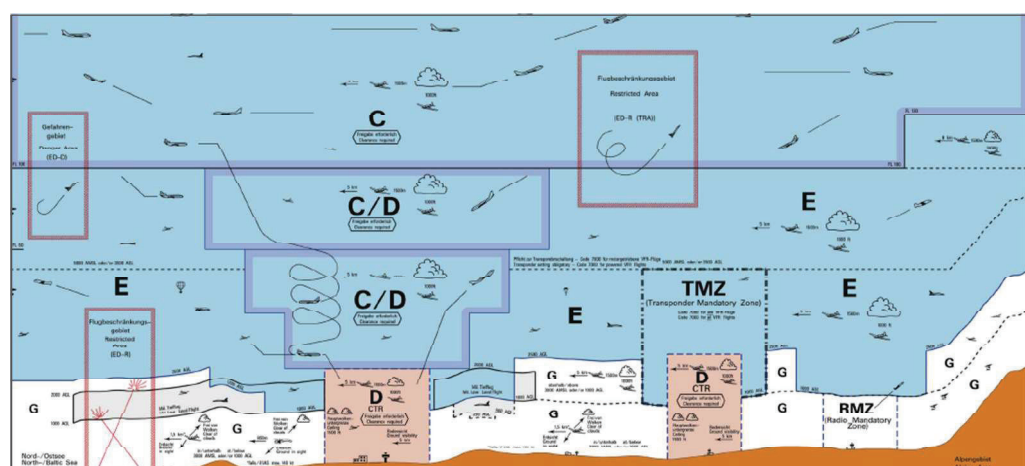


Abbildung 4: Luftraumstruktur / Sichtflugregeln in Deutschland⁵

⁵ Siehe [18]

- IV.3.3 Um mit der vormals geltenden deutschen Luftverkehrsordnung (LuftVO [3]) keine Dopplung innerhalb der Regularien zu erhalten, wurde eine neue LuftVO erarbeitet, welche alle neuen SERA-Vorschriften und weiterführende Ergänzungen beinhaltet. Grundsätzlich sind für das vorliegende Gutachten die Regularien der EU-Verordnung 923/2012 relevant, welche den derzeitigen Standard in Europa darstellen.
- IV.3.4 Die vertikalen Grenzen des unkontrollierten Luftraums G erstrecken sich vom Boden (Ground, GND) bis 2.500 ft über Grund (Above Ground Level, AGL). In der Nähe von Flugplätzen kann die obere Grenze auf 1.700 ft bzw. 1.000 ft abgesenkt werden.
- IV.3.5 Luftraum G ist ein unkontrollierter Luftraum, Kollisionsvermeidung erfolgt durch gegenseitiges visuelles Erkennen und entsprechendes Ausweichen. Um eine Staffelung von VFR-Verkehr und dem meist wesentlich schnelleren IFR-Verkehr ohne Eingreifen der Flugsicherung zu gewährleisten, ist in Luftraum G grundsätzlich nur VFR-Verkehr genehmigt. Eine vollständige Umsetzung der SERA-Verordnung, welche IFR-Verkehr auch im Luftraum G ermöglicht, ist derzeit durch NfL 1-293-14 weitestgehend außer Kraft gesetzt [11]. So sind IFR-Flüge nur im Rahmen festgelegter IFR-Flugverfahren zulässig. Zur Gewährleistung der Sicherheit wird hierzu eine RMZ im unkontrollierten Luftraum G eingeführt, in der eine Verpflichtung zum Funkkontakt gilt.

- IV.3.6 Wie in folgender Abbildung dargestellt, liegt die Obergrenze des Luftraumes G am Standort der geplanten WEA bei 1.000 ft AGL, was einer Höhe von ca. 300 m entspricht. Oberhalb des Luftraumes G ist der Luftraum E angeordnet, welcher sich im Bereich der WEA vertikal bis zu einer Höhe von 1.500 ft zum oberhalb angrenzenden abgesenkten Luftraum C (1.500 ft – FL 100) des Flughafen Frankfurt-Main (EDDF) erstreckt. Die geplanten WEA befindet sich somit mit einer Höhe von 240 m AGL im Luftraum G. Eine RMZ ist im Bereich der geplanten WEA nicht festgelegt.

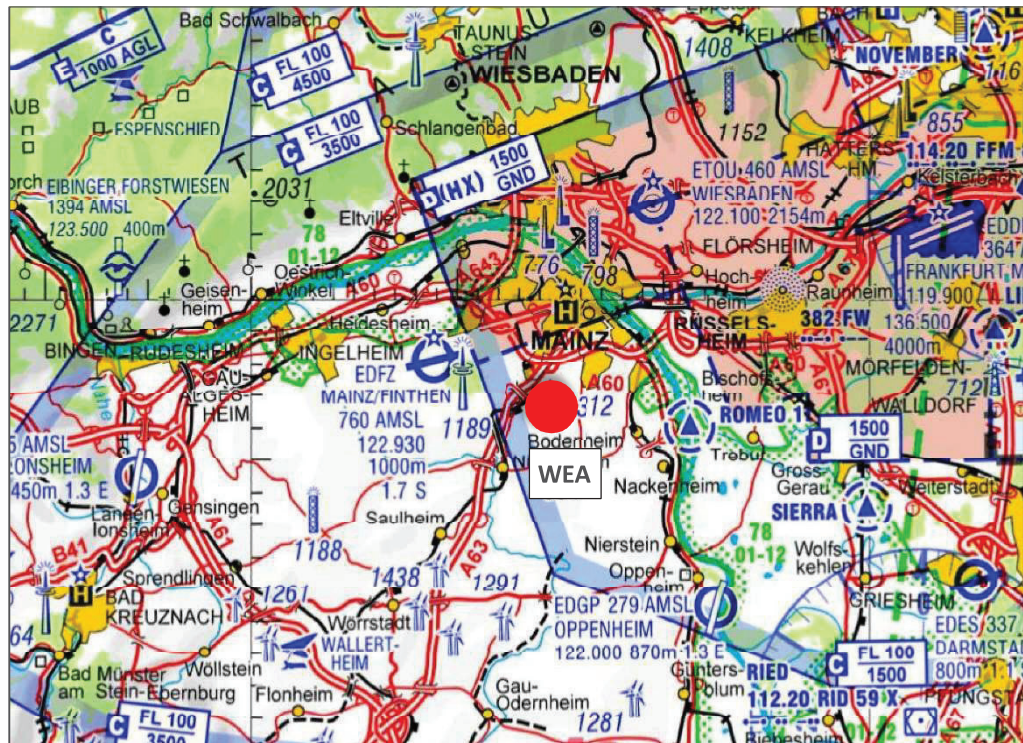


Abbildung 5: Luftraumstruktur im Umfeld der geplanten WEA

- IV.3.7 Es ist davon auszugehen, dass der für die Risikoanalyse relevante Luftverkehr ausschließlich unter VFR operiert. Für den Untersuchungsgegenstand (Kennzeichnung für die Nacht) steht hierbei der Nachtflugbetrieb im Fokus.
- IV.3.8 Im Folgenden werden die Mindest-Sichtwetterbedingungen gemäß SERA für VFR-Verkehr in Luftraum G, E und C in/unter 3.000 ft über Meeresspiegel (Mean Sea Level, MSL) oder 1.000 ft AGL, der höhere Wert ist relevant, genannt:⁶

⁶ Hinweis: die WEA hat eine Gesamthöhe von ca. 788 ft AGL.

Tabelle 2: Mindest-Sichtwetterbedingungen gemäß SERA für VFR-Verkehr⁷

	Am Tag	In der Nacht
Luftraum G	• Frei von Wolken • Bodensicht • Flugsicht: ◦ Bis 140 kts Fluggeschwindigkeit: 1.500 m (Hubschrauber 800 m; in Ausnahmefällen wie z.B. Rettungseinsätze unter 800m) ◦ Über 140 kts Fluggeschwindigkeit: 5.000 m	• Wolkenuntergrenze: minimal 1.500 ft AGL • Frei von Wolken • Bodensicht • Flugsicht: 5.000 m (3.000 m für Hubschrauber; in Ausnahmefällen, wie z.B. Rettungseinsätze niedriger)
Luftraum C und E	• Abstand zu Wolken: 1.500 m horizontal / 300 m vertikal • Flugsicht: 5.000 m	• Wolkenuntergrenze: minimal 1.500 ft AGL • Abstand zu Wolken: 1.500 m horizontal / 300 m vertikal • Bodensicht • Flugsicht: 5.000 m

IV.3.9 Den Mindest-Sichtwetterbedingungen in Luftraum G, C und E für VFR-Verkehr in der nach SERA definierten Nacht zu Folge ist davon auszugehen, dass – sofern der Luftfahrzeugführer diese einhält – keine Flugereignisse stattfinden, bei denen sich Teile der WEA innerhalb der Wolken befinden: Es ist eine Wolkenuntergrenze und Bodensicht einzuhalten. Der vertikale Abstand zwischen der minimal zugelassenen Wolkenuntergrenze von 1.500 ft AGL (ca. 450 m) und der WEA (240 m Gesamthöhe) beträgt dabei mehr als 200 m.

IV.3.10 Ferner sind Mindestflughöhen einzuhalten. Diese betragen, außer wenn es für Start und Landung notwendig ist, für VFR-Verkehr in der Nacht:

- über hohem Gelände oder in gebirgigen Gebieten in einer Flughöhe von mindestens 600 m (2.000 ft) über dem höchsten Hindernis in einem Umkreis von 8 km von dem angenommenen Standort des Luftfahrzeugs;
- in anderen Gebieten in einer Flugfläche von mindestens 300 m (1.000 ft) über dem höchsten Hindernis in einem Umkreis von 8 km von dem angenommenen Standort des Luftfahrzeugs.

IV.3.11 Ausnahmen von o.g. Anforderungen gelten gemäß §39 LuftVO für Flüge im Such- und Rettungseinsatz oder zur Hilfeleistung bei einer Gefahr für Leib und Leben einer Person; im Folgenden auch als Sonderflugverkehr bezeichnet.

⁷ Mindest-Sichtwetterbedingungen gemäß SERA für VFR-Verkehr in Luftraum G und C/E in/unter 3.000 ft über Meeresspiegel (Mean Sea Level, MSL) oder 1.000 ft AGL, der höhere Wert gilt.

IV.4 Flugplätze

IV.4.1 Die folgende Abbildung stellt die geplanten WEA sowie die umgebenen Flugplätze bzw. Hubschrauberlandeplätze dar.

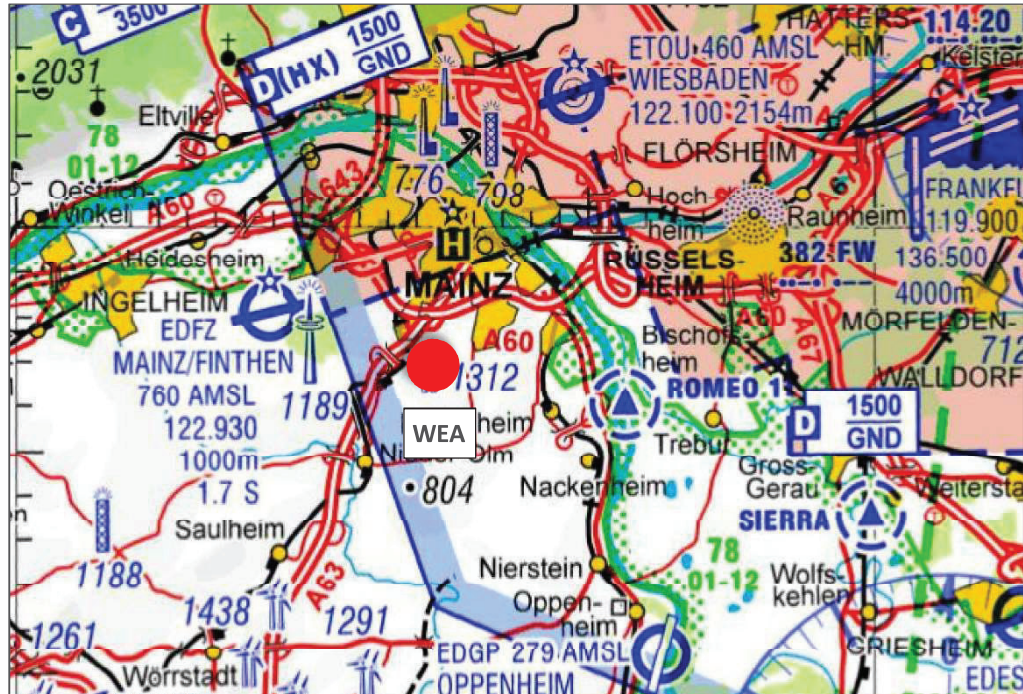


Abbildung 6: Ausschnitt Luftfahrtkarte – Aeronautical Chart 1:500.000

IV.4.2 Wie folgt Begründet, ist aufgrund der Entfernungen und Lagen zu den Flugplätzen sowie Ausrichtungen der Start- und Landebahnen ist im Bereich der geplanten WEA kein tieffliegender Luftverkehr (unterhalb der Mindestflughöhen für An- und Abflüge) zu erwarten. Folglich sind diese Flugplätze für den Untersuchungsgegenstand dieser Studie (Sichtflugbetrieb in der Nacht; Kennzeichnung für die Nacht) nicht weiter von Relevanz.⁸

IV.4.3 Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass bei dem nahe gelegenen Flugplatz Mainz/Finthen (EDFZ) sowie am Flughafen Frankfurt-Main (EDDF) und am Hubschrauberlandeplatz Mainz des Johannes Gutenberg Uni Klinikum Nachtflugbetrieb möglich ist.

⁸ Es sei darauf hingewiesen, dass eine Prüfung der Flugverfahren nicht Teil dieser Studie ist.

- IV.4.4 Im Bereich der geplanten WEA kann grundsätzlich regulärer Sichtflugbetrieb in der Nacht sowie auch Sonderflugverkehr, bspw. für den Rettungseinsatz, verkehren – die Autobahnen A60 und A63 stellen z.B. eine gute visuelle Referenz für den Streckenflug dar.
- IV.4.5 Am Flughafen Frankfurt-Main (EDDF), welcher nordöstlich in einer Entfernung von ca. 20 km zur geplanten WEA liegt, findet sowohl IFR- als auch VFR-Flugverkehr statt.
- IV.4.6 Der IFR-Flugbetrieb wird über die veröffentlichten Instrumentenflugverfahren durchgeführt. Die dazugehörigen Verfahrensschutzzräume gewährleisten Hindernisfreiheit für den IFR-Verkehr. Die Analyse und Bewertung von Instrumentenflugverfahren ist jedoch nicht Gegenstand dieser Studie.
- IV.4.7 Der VFR-Flugbetrieb wird innerhalb der Kontrollzone des Flughafens Frankfurt-Main weitestgehend über die veröffentlichten Sichtflugstrecken sowie die dazugehörigen Pflichtmeldepunkte durchgeführt. Nationale Vorgaben⁹ sehen Schutzbereiche um Sichtflugstrecken sowie Pflichtmeldepunkte vor, um den Flugbetrieb vor Hindernissen zu schützen. Es ist keine Sichtflugplatzrunde veröffentlicht.
- IV.4.8 Die Schutzbereiche erstrecken sich jeweils 1.000 m beidseitig von Sichtflugstrecken bzw. 2.000 m um Pflichtmeldepunkte. Diese werden nicht von den geplanten WEA im Sinne der Hindernisfreiheit beeinträchtigt. Der nächstgelegene Pflichtmeldepunkt Romeo befindet sich in einer Entfernung von ca. 8.1 km.
- IV.4.9 Folgende Abbildung zeigt u.a. den veröffentlichten Pflichtmeldepunkt Romeo sowie Sichtflugstrecken.



Abbildung 7: Ausschnitt Luftfahrtkarte – Sichtflugkarte Frankfurt-Main (EDDF)

⁹ Siehe Festlegung von Mindestabständen von Hindernissen zu festgelegten Sichtflugverfahren (NFL Teil I 847/16)

IV.4.10

In einer Entfernung von ca. 6.7 km nordwestlich der geplanten WEA befindet sich der nächstgelegene Flugplatz Mainz/Finthen (EDFZ). Die folgende Abbildung stellt die Sichtflugkarte des Flugplatzes dar.

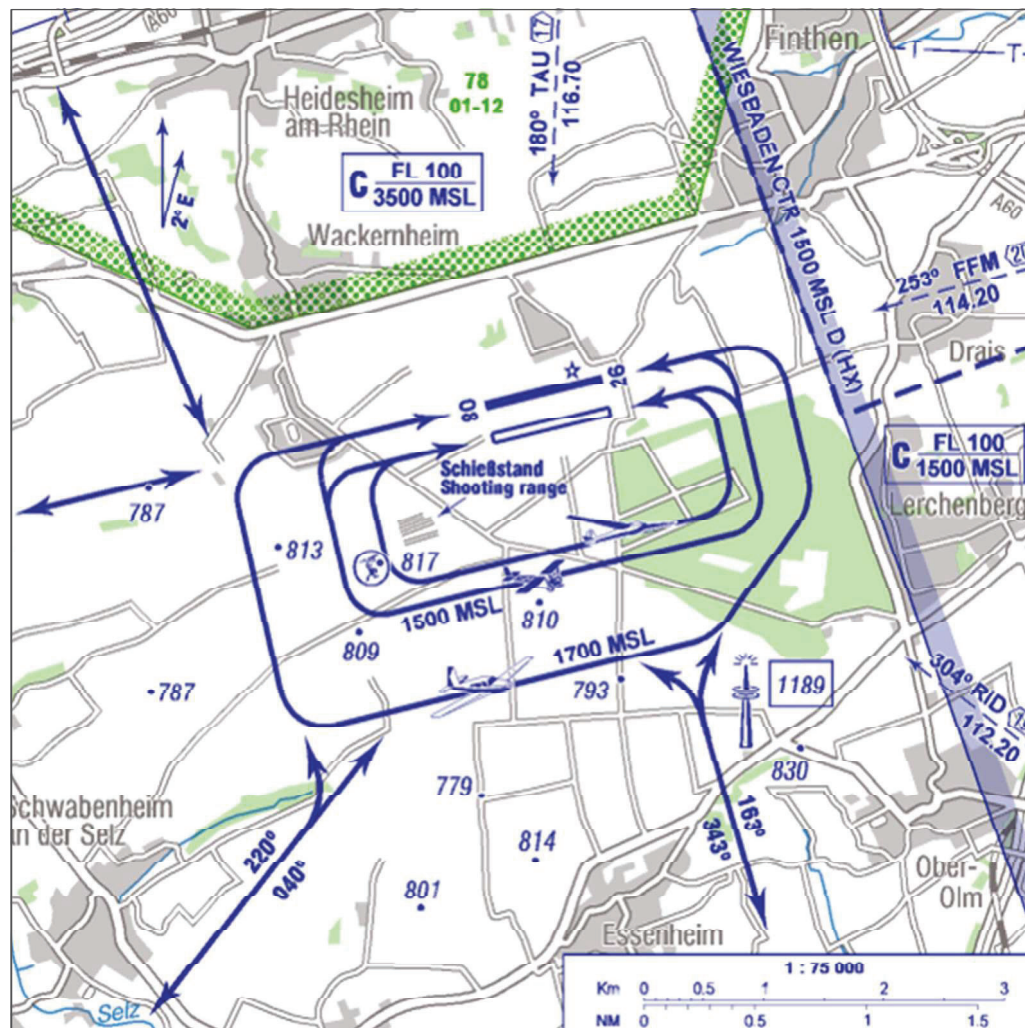


Abbildung 8: Ausschnitt Luftfahrtkarte – Sichtflugkarte Mainz/Finthen (EDFZ)

IV.4.11

Sowohl die Hindernisbegrenzungsflächen gemäß NfL I-328/01 [12] bzw. EASA CS-ADR-DSN [5] als auch die Platzrundenschutzzräume gemäß NfL I 92/13 [13] des Flugplatzes Mainz/Finthen (EDFZ) werden nicht durch die geplante WEA durchdrungen.

IV.4.12

Die geplante WEA steht in ca. 4.5 km Entfernung zur Platzrunde südwestlich von Lerchenberg, die Platzrunden befinden sich östlich dieser Ortschaft. Überflüge der umliegenden Ortschaften sind zu vermeiden. Ferner sei angemerkt, dass die Flughöhe für den Einflug in bzw. Ausflug aus der Platzrunde 1.700 ft AMSL beträgt und somit die Höhe der geplanten WEA (1.334 ft AMSL) überragt. Die Entfernung zur Platzrunde ermöglicht ferner einen akzeptablen Steig- bzw. Sinkfluggradienten zum sicheren Überfliegen der WEA.

- IV.4.13 Der nächste Hubschrauberlandeplatz des Mainz Johannes Gutenberg Uni Klinikum befindet sich in einer Entfernung von etwa 5 km nördlich zu der geplanten WEA.

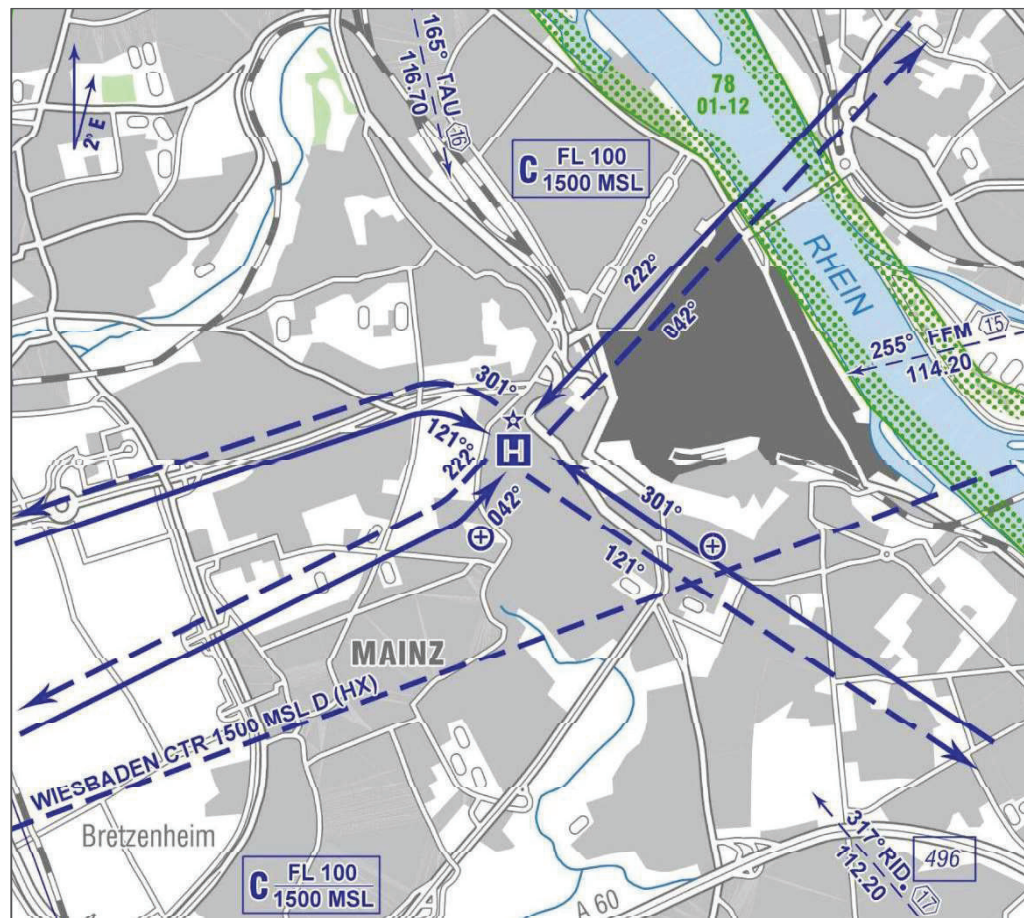


Abbildung 9: Ausschnitt Luftfahrtkarte – Sichtflugkarte HEL Mainz Joh. Gutenberg Uni Klinikum

- IV.4.14 Die Hindernisbegrenzungsflächen gemäß NfL I-36/06 [14] des Hubschrauberlandeplatzes Mainz Johannes Gutenberg Uni Klinikum werden nicht durch die geplante WEA durchdrungen.
- IV.4.15 Weitere Flugplätze in größerer Entfernung umfassen einen Flugplatz in Oppenheim (EDGP) südöstlich in einer Entfernung von ca. 15 km, sowie nördlich der Militärflugplatz Wiesbaden in ca. 12 km Entfernung. Aufgrund der Ausrichtung und Entfernung beider Plätze werden diese als nicht relevant für die Bewertung der geplanten WEA erachtet.

V Gefahrenanalyse

V.1 Einführung

- V.1.1 Im folgenden Abschnitt werden die Gefahren dargestellt, welche von der Errichtung der geplanten WEA für den Luftverkehr ausgehen können. Untersuchungsobjekt ist eine WEA mit einer Höhe von 240 m AGL, einer der AVV entsprechenden Befeuerung mit Feuer W, rot (ES) jedoch mit einem (nicht AVV-konformen) unbefeuchten Teil von ca. 75,5 m statt 65 m.
- V.1.2 Als Gefahren werden unerwünschte Ereignisse betrachtet, deren Folgen negative Konsequenzen für das Flugzeug mit seinen Insassen, den Flugbetrieb und die am Flugbetrieb Beteiligten bedeuten. Als relevante Gefahr wird eine gefährliche Annäherung eines LFZ an eine WEA angesehen¹⁰, welche zu einer schweren Störung des Flugereignisses bis zur Kollision führen kann. Es erfolgt keine Einzelbetrachtung einer möglichen Kollision.
- V.1.3 Die Gefahrenanalyse beinhaltet die Zerlegung des flugbetrieblichen Gesamtsystems in einzelne Teilsysteme anhand der verschiedenen Luftverkehrsarten, welche von dem Vorhandensein des Luftfahrthindernisses WEA beeinflusst werden können. Unter Berücksichtigung der Besonderheiten des vergrößerten unbefeuchten Teils der WEA erfolgt eine systematische Identifizierung aller Gefahren, Einflussfaktoren und deren relevanter Parameter für folgende Luftverkehrsarten:
- Überlandflüge nach Sichtflugregeln
 - Sonderflugverkehr
- V.1.4 Hierbei ist aufgrund des Untersuchungsgegenstandes (Nacht Kennzeichnung) lediglich der Flugbetrieb in der Nacht von Relevanz. Tieffliegender Luftverkehr (außer ggfs. Sonderflugverkehr) sowie flugplatzbezogener Flugbetrieb in der Nacht ist aufgrund der Luftraumstruktur sowie den Entfernungen zu Flugplätzen nicht zu erwarten (siehe Kapitel IV.3 und IV.4).
- V.1.5 Auf der Basis des Zusammenhangs zwischen den hier ermittelten, möglichen Gefahren und den Parametern der WEA (inkl. nicht AVV-konformer Befeuerungen mit einem vergrößerten unbefeuchten Teil) wird in einem späteren Arbeitsschritt (Kapitel VI) unter Anwendung anerkannter Untersuchungsmethoden eine Risikoanalyse vorgenommen.

¹⁰ Als Gefährliche Annäherung wird hierbei eine Annäherung bis auf 150 m angesehen, was dem nach VFR einzuhaltenen Mindestabstand zu Hindernissen nach LuftVO entspricht.

V.2 Szenarien

V.2.1 Einführung

V.2.1.1 Grundsätzlich ist jeder Luftfahrzeugführer vor der Durchführung eines Fluges – VFR oder IFR – verpflichtet, eine entsprechende Flugvorbereitung durchzuführen. Diese beinhaltet eine ausführliche Betrachtung des geplanten Flugweges bezüglich Luftfahrthindernisse, welche in Luftfahrtkarten gekennzeichnet sind. Dadurch wird das entsprechende Situationsbewusstsein bezüglich möglicher Gefahren ausgehend von Luftfahrthindernissen gewährleistet.

V.2.1.2 Bei einem VFR-Flug ist der Luftfahrzeugführer selbst dafür verantwortlich, Hindernisse zu vermeiden und einen entsprechenden Sicherheitsabstand einzuhalten. Hilfestellung dabei gibt ihm die Vorgabe bestimmter Sicherheitsmindesthöhen, welche er während des Fluges nicht unterschreiten darf. Außerdem soll die entsprechende Befeuerung der WEA für das rechtzeitige Erkennen derselben als Hindernis und das Einleiten eines Ausweichmanövers sorgen.

V.2.2 Überlandflüge nach Sichtflugregeln

V.2.2.1 Bei Überlandflügen nach Sichtflugregeln besteht die Gefahr, dass es bei Unterschreiten der vorgeschriebenen Mindesthöhe zum sicheren Überfliegen der WEA zu einer gefährlichen Annäherung zwischen LFZ und WEA kommt.

V.2.2.2 Allgemein gilt gemäß SERA für Flüge nach Sichtflugregeln eine Mindestflughöhe von 150 m / 500 ft AGL bzw. 300 m / 1.000 ft über dem höchsten Hindernis in einem Umkreis von 600 m für Flüge über Städten, anderen dicht besiedelten Gebieten, Industrieanlagen, Menschenansammlungen, Unglücksorten sowie Katastrophengebieten.

V.2.2.3 Zusätzlich hat der Luftfahrzeugführer für Flüge nach Sichtflugregeln in der Nacht gemäß SERA folgende Kriterien zu erfüllen (siehe auch Kapitel IV.3):

- Einhaltung der Sicherheitsmindesthöhe von 300 m / 1.000 ft über dem höchsten Hindernis in einem Umkreis von 8 km von der angenommenen Position des LFZ;
- Sicherstellung einer ununterbrochenen Bodensicht in und unter 900 m / 3.000 ft MSL oder 300 m / 1.000 ft AGL (maßgebend ist die größere Höhe)

V.2.3 Sonderflugverkehr

- V.2.3.1 Als Sonderflugverkehr wird innerhalb dieser Studie Luftverkehr angesehen, der aufgrund seiner besonderen Flugaufgabe nachts unterhalb der vorgeschriebenen Mindestflughöhen operiert.
- V.2.3.2 Hierzu zählen militärischer Tiefflug, Kontrollflüge der Bundespolizei sowie Einsätze der medizinischen Rettungskräfte (bspw. Helicopter Emergency Medical Services, HEMS).
- V.2.3.3 Luftfahrzeuge der genannten Verkehrsarten können sich auf ihrer Reiseflughöhe in der Höhe der WEA befinden. Bei nicht rechtzeitigem Erkennen dieser als relevantes Hindernis kann es zu einer gefährlichen Annäherung kommen.

V.3 Gefahrentabelle

- V.3.1 Die folgende Tabelle stellt die oben vorgestellten, zu untersuchenden Szenarien und die mit ihnen verbundenen Gefahren zusammenfassend dar.

Tabelle 3: Gefahrentabelle

Nr.	Szenario	Gefahr
1	Überlandflug nach Sichtflugregeln	Gefährliche Annäherung an WEA
2	Sonderflugverkehr	Gefährliche Annäherung an WEA

VI Risikoanalyse

VI.1 Einführung

VI.1.1 In der an die Gefahrenanalyse anschließenden Risikoanalyse wird eine Bewertung aller identifizierten Gefahren durchgeführt. Das Risiko stellt ein Maß für die Sicherheit dar und charakterisiert, mit welcher Häufigkeit ein Vorkommnis/Unfall bestimmter Schwere als Konsequenz aus einer bestehenden Gefahr eintreten kann.

VI.1.2 Die Sicherheit eines Systems oder Prozesses lässt sich erst nach Kenntnis des Risikos, das dem System oder dem Prozess innewohnt, bewerten. Risiko ist für technische Zusammenhänge allgemein definiert als eine Kombination aus der Häufigkeit oder Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Schadens und der Schwere des Schadens.

VI.1.3 Von einer zu untersuchenden Gefahr ausgehend muss unterschieden werden:

- Welcher Schaden ist durch Eintreten der Gefahr zu erwarten und
- Wie häufig tritt dieser Schaden auf, bzw. wird dieser erwartet.

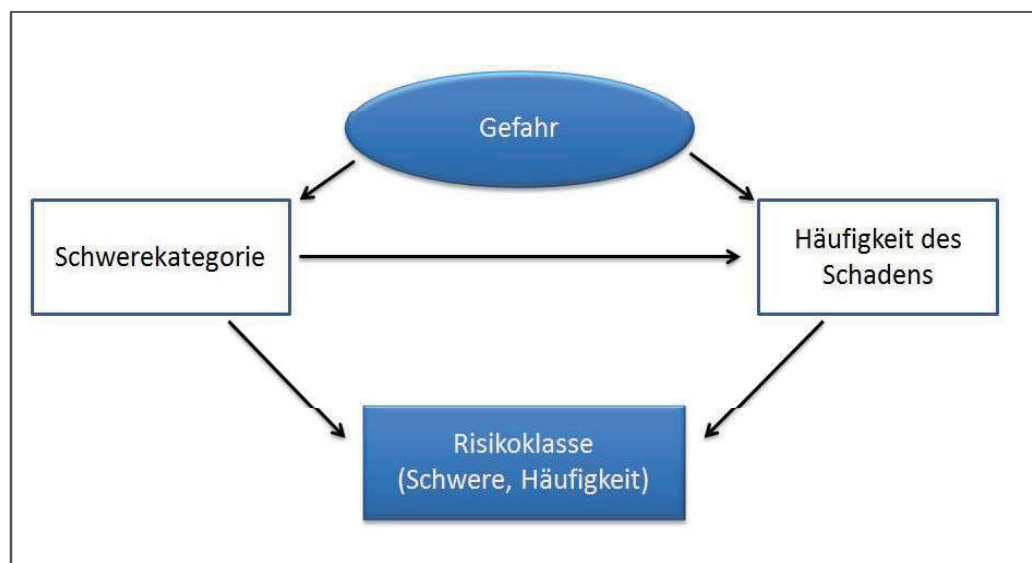


Abbildung 10: Allgemeine Definition von Risiko

VI.1.4 Beide Komponenten (Häufigkeit und Schadensschwere) bestimmen das Risiko.

VI.2 Schadensschwere

VI.2.1 Unter Beachtung der o.g. Ausführungen (Kapitel VI.1) geht es in diesem Abschnitt um die Kategorisierung der Schadensschwere.

VI.2.2 Die ICAO beschreibt im DOC 9859 Safety Management Manual eine fünfstufige Skala für die Schadensschwere [15]. Diese ist in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 4: Kategorien der Schadensschwere

Value	Severity	Meaning
A	Catastrophic (katastrophal)	- Equipment destroyed - Multiple deaths
B	Hazardous (gefährlich)	- A large reduction in safety margins, physical distress or a workload such that the operators cannot be relied upon to perform their tasks accurately or completely - Serious injury - Major equipment damage
C	Major (bedeutend)	- A significant reduction in safety margins, a reduction in the ability of the operators to cope with adverse operating conditions as a result of an increase in workload or as a result of conditions impairing their efficiency - Serious incident - Injury to persons
D	Minor (gering)	- Nuisance - Operating limitations - Use of emergency procedures - Minor incident
E	Negligible (vernachlässigbar)	Few consequences

VI.2.3 Eine gefährliche Annäherung eines LFZ mit einer WEA¹¹ kann zu einer erheblichen Störung des Flugbetriebs führen, welche mit Beschädigung des LFZ oder Verletzung von Personen verbunden sein kann. Ein Absturz ist nicht ausgeschlossen, ist aber nur eine mögliche Folge einer gefährlichen Annäherung.

VI.2.4 Die Schadensschwere des Untersuchungsgegenstandes aller untersuchten Szenarien "Gefährliche Annäherung mit WEA" ist hiernach als "B - Hazardous" einzustufen.

¹¹ Als Gefährliche Annäherung wird hierbei eine Annäherung bis auf 150 m angesehen, was dem nach VFR einzuhaltenen Mindestabstand zu Hindernissen nach SERA entspricht.

VI.3 Auftrittshäufigkeit

VI.3.1 Einführung

VI.3.1.1 Unter Beachtung der Ausführungen gemäß Kapitel VI.1 geht es in diesem Abschnitt um die Kategorisierung der Auftrittshäufigkeit der Gefahren.

VI.3.1.2 Das ICAO Doc 9859 definiert eine fünfstufige Skala für die Auftrittshäufigkeit [15]. Diese ist in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 5: Kategorien der Auftrittshäufigkeit

Value	Likelihood	Meaning	Definition ¹²
5	Frequent (häufig)	Likely to occur many times (has occurred frequently)	more frequent than 10 times a year (>10/y)
4	Occasional (gelegentlich)	Likely to occur sometimes (has occurred infrequently)	between 10 times a year and once a year (10–1/y)
3	Remote (selten)	Unlikely to occur, but possible (has occurred rarely)	less often than once a year but more than once every 10 years (1–0.1/y)
2	Improbable (sehr selten)	Very unlikely to occur (not known to have occurred)	between once every 10 years and once every 100 years (0.1–0.01/y)
1	Extremely improbable (äußerst selten)	Almost inconceivable that the event will occur	less often than once every 100 years (<0.01/y)

VI.3.1.3 Die Auftrittshäufigkeiten für die hier untersuchten Szenarien werden im Folgenden aufgeführt. Die Analyse und Einschätzung erfolgte in weiten Teilen durch Brainstorming eines multidisziplinären Expertenteams von Ingenieuren, Piloten und Fluglotsen. Zu diesem Zweck fanden mehrere Arbeitstreffen statt.

VI.3.1.4 Die zu erwartende Schadenshäufigkeit wurde dabei unter dem Gesichtspunkt der nicht AVV-konformen Befeuern betrachtet.

¹² Diese Definition ist nicht im ICAO Safety Management Manual [15] enthalten. Sie basiert auf Vorschriften der Schweizer Zivilluftfahrtbehörden (BAZL) [17].

VI.3.1.5 Die folgende Tabelle stellt für die identifizierten Szenarien die Ergebnisse bezüglich der Häufigkeit zusammenfassend dar.

Tabelle 6: Gefahrentabelle mit Häufigkeiten

Nr.	Szenario	Gefahr	Häufigkeit
1	Überlandflug nach Sichtflugregeln	Gefährliche Annäherung an WEA	1 (äußerst selten)
2	Sonderflugverkehr	Gefährliche Annäherung an WEA	2 (sehr selten)

VI.3.1.6 Im Folgenden wird die Analyse zur Einschätzung der Häufigkeiten der einzelnen Szenarien erläutert.

VI.3.2 Überlandflug nach Sichtflugregeln

VI.3.2.1 Aufgrund der gemäß SERA vorgeschriebenen Sicherheitsmindesthöhe für Flüge nach Sichtflugregeln in der Nacht – 1.000 ft über dem höchsten Hindernis im Umkreis von 8 km um das LFZ – befindet sich das LFZ grundsätzlich mit ausreichendem Abstand zu den WEA.

VI.3.2.2 Die Flughöhe für Flüge nach Sichtflugregeln in der Nacht beträgt somit im Umfeld der WEA mindestens 1.800 ft AGL (Höhe WEA + Sicherheitsmindesthöhe)¹³. Dementsprechend befindet sich das LFZ am Standort der WEA im Luftraum C und ein Überfliegen der WEA im Luftraum E oder G ist somit nicht durchführbar.

VI.3.2.3 Den Mindest-Sichtwetterbedingungen entsprechend für Luftraum C, E und G (siehe IV.3) muss der Luftfahrzeugführer eine Wolkenuntergrenze von 1.500 ft AGL, frei von Wolken, permanente Bodensicht und eine Flugsicht von 5.000 m (bzw. 3.000 m für Hubschrauber in Luftraum G) garantieren. Der Sichtflugbetrieb in Luftraum C und E erfordert darüber hinaus 1.500 m horizontalen und 300 m vertikalen Abstand zu Wolken. Die geplanten WEA sind unter Einhaltung der vorgeschriebenen meteorologischen Bedingungen für den Luftfahrzeugführer sowie unter Berücksichtigung der geplanten Befeuerungselemente und der zu beachtenden Lichtverhältnisse vollständig sichtbar.¹⁴

¹³ Höhe WEA 240 m $\approx$ 788 ft (über Grund), Sicherheitsmindesthöhe = 1.000 ft, 788 ft + 1.000 ft = 1.788 ft (aufgerundet 1.800 ft)

¹⁴ Ein Überflug bei min Wolkenuntergrenze (1500ft) ist wie bei den bestehende WEA südlich nicht durchführbar, ein ausweichen der WEA ist erforderlich.

- VI.3.2.4 Das LFZ befindet sich im normalen Flugbetrieb (kein Notfall) und bei entsprechender Flugvorbereitung in ausreichendem Abstand über den WEA. In einer Luftfahrtkarte sind die WEA als Hindernis mit ihren Gesamthöhen abzubilden. Das Ausmaß des unbefeueren Teils ist für die Einhaltung der Sicherheitsmindesthöhe nicht relevant. Es sei angemerkt, dass beim Überflug der geplanten WEA in einer Höhe von 300 m / 1.000 ft nur über der Befeuerung (anstatt über der zu veröffentlichenden Gesamthindernishöhe) die allgemeine Mindesthindernisfreiheit von 150 m / 500 ft über dem unbefeueren Teil der WEA gewährleistet ist.¹⁵
- VI.3.2.5 Laut einer Statistik des Aeronautical Information Service (AIS) der DFS gab es im Jahr 2013 insgesamt 4.285 VFR-Nachtflüge. Diese Zahl basiert auf den aufgegebenen Flugplänen, welche für Überlandflüge nach Sichtflugregeln in der Nacht in Deutschland vorgeschrieben sind. Demnach fanden pro Tag 11,7 Flugbewegungen der betrachteten Verkehrsart im gesamten deutschen Luftraum statt. Diese Anzahl beinhaltet nicht die Verkehrsart „Sonderflugverkehr“, da diese Luftfahrtereignisse sehr kurzfristig durchgeführt werden und oftmals keine vollständige Aufgabe eines entsprechenden Flugplans erfolgt.
- VI.3.2.6 Zusammenfassend wird die Häufigkeit einer gefährlichen Annäherung während eines Überlandfluges nach Sichtflugbedingungen nachts mit den geplanten WEA aufgrund von
- Mindestflughöhe 300 m / 1.000 ft über den WEA, sowie
 - Vermerkung relevanter Luftfahrthindernisse in der Luftfahrtkarte
- als „äußerst selten“ eingestuft.
- VI.3.2.7 Der um ca. 10,5 m vergrößerte unbefeuerte Teil hat demnach keine Auswirkung auf die ermittelte Auftrittshäufigkeit.

¹⁵ Höhe WEA unbefeuerter Teil 75,5 m $\approx$ 248 ft, Annahme Flughöhe = 1.000 ft über Befeuerung, Abstand WEA zu Flugzeug
1.000 ft - 248 ft = 752 ft

VI.3.3 Sonderflugverkehr

- VI.3.3.1 Sonderflugverkehr mit einer entsprechenden operativen Flugaufgabe kann die allgemein geforderte Mindesthöhe im Reiseflug unterschreiten und sich auch in Höhenbändern der zu untersuchenden WEA befinden. Ferner sind Flüge mit teilweise verringerten Sichtminima zulässig (bspw. für HEMS). Aufgrund dessen wird die Häufigkeit einer gefährlichen Annäherung von Sonderflugverkehr mit der WEA als erhöht eingestuft.
- VI.3.3.2 Die speziell hierfür ausgebildeten Luftfahrzeugführer führen für diese Flugereignisse jedoch besonders ausführliche Flugvorbereitungen durch, sodass ein entsprechend hohes Situationsbewusstsein gerade hinsichtlich der besonderen Hindernissituation (vor allem bei Flügen in der Nacht) vorhanden ist. Des Weiteren sind die LFZ oftmals mit speziellen Nachtsichtsystemen ausgerüstet, um das Erkennen möglicher Hindernisse zu verbessern.¹⁶
- VI.3.4 Grundsätzlich ist ein erhöhtes Flugaufkommen entlang der Autobahn A63 vorstellbar, da diese wie bereits erwähnt, eine gute visuelle Referenz für den (Nacht-) Sichtflugverkehr darstellt. Unter Berücksichtigung einer Entfernung von über 1.2 km der geplanten WEA zur Autobahn A63, sowie einem (angenommenen) Schutzbereich von 1 km zu jeder Seite einer Sichtflugstrecke (in Anlehnung an NfL 1-847-16 [16]), ist eine gefährliche Annäherung eines LFZ mit der WEA jedoch unwahrscheinlich.
- VI.3.4.1 Ferner sei darauf hingewiesen, dass sich am Standort der geplanten WEA keine Nachttiefflugstrecke mit Flugbeschränkungsgebiet ED-R 150 (Militärisches Nachttiefflugstreckensystem) befinden. Es ist anzumerken, dass dem Projektteam derzeit keine Stellungnahme bzgl. des militärischen Flugbetriebs vom BAIUDBw zur Genehmigung der WEA vorliegt.

¹⁶ Es sei darauf hingewiesen, dass jedoch LED-Befeuerungen mit gängigen Nachtsichtsysteme u.U. nur schwer zu erkennen sind. Siehe bspw. EASA Safety Information Bulletin 2019-04 [19].

- VI.3.4.2 Die Häufigkeit einer gefährlichen Annäherung von Sonderflugverkehr mit den WEA wird aufgrund von
- hohem Situationsbewusstsein bezüglich Hindernissituation,
 - guten fliegerischen Fertigkeiten, sowie
 - möglichem Einsatz von Nachtsichtgeräten zur visuellen Orientierung
- als „sehr selten“ kategorisiert.
- VI.3.4.3 Der um ca. 10,5 m vergrößerte unbefeuerte Teil hat keine bedeutenden Auswirkungen auf die ermittelte Auftrittshäufigkeit. Die erhöhte Einstufung ist durch die Natur des Sonderfluges selbst begründet, welcher teilweise, wie bereits erwähnt, in geringen Flughöhen und bei reduzierten Sichtminima stattfinden kann.

VI.4 Risikoakzeptanzmatrix

VI.4.1 Einführung

VI.4.1.1 Gemäß den Ausführungen in Kapitel VI.1 ist es das Ziel der bisherigen Kategorisierung von Häufigkeit des Auftretens einer Gefahr und der zu erwartenden Schadensschwere eine Kennzahl für das jeweilige Risiko zu finden.

VI.4.1.2 Im Rahmen dieser Studie wird das Kennzahlensystem der ICAO verwendet, welches im Safety Management Manual empfohlen wird [15]. Es handelt sich hierbei um eine Risikobewertungsmatrix. Diese Matrix kombiniert die bereits vorgestellten Kategorien der Schadensschwere und der Auftrittshäufigkeit (und trifft Aussagen über die Akzeptanz von Risiko durch eine Dreifarben-Kodierung).

Tabelle 7: Risikomatrix

Auftrittshäufigkeit	Schadensschwere				
	A katastrophal	B gefährlich	C bedeutend	D gering	E vernachlässigbar
5 häufig	5A	5B	5C	5D	5E
4 gelegentlich	4A	4B	4C	4D	4E
3 selten	3A	3B	3C	3D	3E
2 sehr selten	2A	2B	2C	2D	2E
1 äußerst selten	1A	1B	1C	1D	1E

VI.4.1.3 Die rote Kodierung beschreibt ein inakzeptabel hohes Risiko, während grün ein akzeptables Risiko definiert. Gelb beschreibt einen Bereich, in dem das Risiko nur dann akzeptabel ist, wenn es auch nach Einführung von praktikablen Maßnahmen nicht weiter reduziert werden kann. Dieses wird dann als tolerierbar bezeichnet.¹⁷

¹⁷ Dieser Bereich wird auch mit dem Prinzip des „As Low As Reasonably Practicable“ (ALARP), zu Deutsch: so niedrig wie angemessen durchführbar, beschrieben.

VI.4.2 Risikoeinstufung mit vorgesehener Befeuerung

VI.4.2.1 Die folgende Tabelle stellt die ermittelten Risiken bei der Verwendung des nach AVV nicht zugelassenen Feuer W, rot (ES) mit einem unbefeuchten Teil von ca. 75,5 m zusammenfassend dar.

Tabelle 8: Risikomatrix mit Feuer W, rot

Nr.	Szenario	Gefahr	Risiko
1	Überlandflug nach Sichtflugregeln	Gefährliche Annäherung an WEA	niedrig
2	Sonderflugverkehr	Gefährliche Annäherung an WEA	mittel

VI.4.2.2 Es ist zu erkennen, dass das Szenario „Überlandflug nach Sichtflugregeln“ mit einem akzeptablen Risiko „niedrig“ bewertet wird. Dies entspricht auch der allgemeinen Annahme, dass bei Befeuerung und Publikation in den entsprechenden Luftfahrtkarten ein Erkennen des Hindernisses sowie Ausweichmanöver möglich ist und ein geringes Risiko darstellt. So sehen auch die Anforderungen für Luftraum G vor, dass ein rechtzeitiges Erkennen von Hindernissen möglich sein muss [3] und der LFZ-Führer sicherzustellen hat, dass eine Fluggeschwindigkeit der vorhandenen Sicht entsprechend gewählt ist.

VI.4.2.3 Nur für das Szenario „Sonderflugverkehr“ wird ein mittleres Risiko bestimmt, welches im Wesentlichen durch die Natur des Sonderfluges selbst begründet ist (dieser kann teilweise in geringen Flughöhen und bei reduzierten Sichtminima stattfinden). Es wird betont, dass der um ca. 10,5 m erhöhte unbefeuchte Teil – ca. 75,5 m statt maximal 65 m bei der Verwendung von Feuer W, rot (ES) – dabei nicht als Faktor zur Erhöhung des Risikos identifiziert wurde (siehe Bewertung der Auftrittswahrscheinlichkeiten im Abschnitt VI.3.3).

VI.4.2.4 Entsprechende Maßnahmen zur Verbesserung der Risiko-Situation werden im folgenden Abschnitt aufgeführt.

VII Maßnahmen

- VII.1 Um die identifizierten Risiken zu vermindern und die Sicherheit des Flugbetriebs zu erhöhen, werden die folgenden Gegenmaßnahmen empfohlen, welche über die geplante Markierung und Befeuerung hinausgehen:
- Standardmäßige Veröffentlichung im AIP
 - Zusätzliche Infrarot-Befeuerung [OPTIONAL]
- VII.2 Luftfahrthindernisse sind standardmäßig mit der Gesamthöhe in der Luftfahrtkarte zu vermerken. Eine standardmäßige Aktualisierung dieser Luftfahrtkarten erfolgt durch die DFS. Die Flugvorbereitung bezüglich der einzuhaltenden Mindestflughöhen erfolgt auf Basis der veröffentlichten Hindernishöhen, so dass das Abweichen des unbefeuchten Teils der geplanten WEA um ca. 10,5 m von den geltenden AVV-Vorschriften kein Risiko darstellt. Durch die Darstellung der Gesamthöhe wird das Situationsbewusstsein der Luftfahrzeugführer bezüglich der vergleichsweise hohen Hindernisse grundsätzlich vergrößert.
- VII.3 Eine Infrarot-Befeuerung ist aufgrund der besseren Sichtbarkeit für Luftfahrzeuge mit Nachtsichtgeräten (üblicherweise im Sonderflugverkehr eingesetzt¹⁸) generell zu empfehlen, da die Sichtbarkeit der WEA für Luftfahrzeuge erheblich verbessert werden kann.^{19, 20} Dementsprechend könnte das Risiko einer gefährlichen Annäherung des Sonderflugverkehrs durch den Einsatz einer zusätzlichen Infrarot-Befeuerung von „mittel“ auf „niedrig“ gemindert werden. Im Rahmen dieser Studie wird auf diese optionale Maßnahme jedoch nicht tiefergehend eingegangen, da für eine Bewertung regulatorische Vorgaben fehlen.²¹

¹⁸ Gespräche mit den betroffenen Flugbetrieben (Bundespolizei, Militär, Rettungsflieger) haben verdeutlicht, dass bereits nahezu alle verwendeten LFZ entsprechend ausgerüstet sind oder eine Ausrüstung sich in der Planung befindet.

¹⁹ Es sei darauf hingewiesen, dass LED-Befeuerungen mit gängigen Nachtsichtsysteme u.U. nur schwer zu erkennen sind. Siehe bspw. EASA Safety Information Bulletin 2019-04 [19].

²⁰ Im Jahr 2013 durchgeführte Testreihen mit der Bundespolizei erzielten hier bereits sehr gute Ergebnisse.

²¹ Es sei angemerkt, dass nach Aussagen des BMVI derzeit eine Aktualisierung der AVV vorbereitet wird, welche eine Infrarot-Befeuerung voraussichtlich im Jahr 2019 aufnimmt.

VIII Zusammenfassung und Empfehlungen

- VIII.1 Im Kreis Mainz südwestlich von Mainz-Hechtsheim in Rheinland-Pfalz ist die Errichtung von einer Windenergieanlage (WEA) des Typs GE 5.3-158 durch die juwi AG geplant. Die angestrebte Befeuerung der WEA entspricht nicht der nach der AVV zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen vorgeschriebenen Kennzeichnung für die Nacht. Die Befeuerung weicht im Punkt des maximal zulässigen unbefeuchten Teils von 65 m um ca. 10,5 m ab und weist einen unbefeuchten Teil von ca. 75,5 m auf.
- VIII.2 Es wurde untersucht, ob die Abweichung ein nicht akzeptables Risiko für den Luftverkehr darstellt.
- VIII.3 Zwei Szenarien sind als potenzielle Gefahren für den Flugbetrieb identifiziert worden, welche zu einer gefährlichen Annäherung mit der WEA führen können. Die Szenarien beinhalten Flüge nach Sichtflugregeln in der Nacht sowie Sonderflugverkehr, welcher aufgrund seiner Flugaufgabe nachts unterhalb der vorgeschriebenen Mindestflughöhen operieren kann (bspw. Einsätze von Rettungskräften).
- VIII.4 Die nächstgelegenen Flugplätze befinden sich in einer Entfernung von über sechs Kilometern. Aufgrund der Entfernungen sowie Ausrichtung der Start- und Landebahnen ist nicht von relevantem tieffliegenden Flugplatzverkehr in der Umgebung der WEA auszugehen.
- VIII.5 Mit Hilfe der entsprechenden Regularien zur Durchführung der jeweiligen Flugereignisse wurden die o.g. Gefahren von Experten hinsichtlich der zu erwartenden Wahrscheinlichkeit des Auftretens bewertet. Das Risiko einer potenziellen gefährlichen Annäherung, bestehend aus der zu erwartenden Wahrscheinlichkeit des Auftretens sowie der Schadensschwere, wurde für jedes Szenario ermittelt.
- VIII.6 Das Risiko für Flüge nach Sichtflugregeln in der Nacht wird als „niedrig“ eingestuft, das Risiko für Sonderflugverkehr entspricht der Einordnung „mittel“. Die erhöhte Einstufung wird durch die Natur des Sonderfluges selbst begründet, welcher in geringen Flughöhen und bei reduzierten Sichtminima stattfinden kann.
- VIII.7 Es wurde festgestellt, dass die Verwendung des geplanten, nicht AVV-konformen, Befeuerungskonzeptes (Feuer W, rot (ES) mit einem um ca. 10,5 m vergrößerten unbefeuchten Teil) aus flugbetrieblicher Perspektive keine relevante Erhöhung des Risikos verursacht.

- VIII.8 Bei Anwendung geeigneter Maßnahmen kann das Situationsbewusstsein hinsichtlich der Hindernissituation noch erhöht werden. Hierbei ist insbesondere die Ausstattung der WEA mit einer Infrarot-Befeuerng denkbar.
- VIII.9 Durch die Verwendung einer zusätzlichen Infrarot-Befeuerng kann das Risiko für den Sonderflugverkehr von „mittel“ auf „niedrig“ gemindert werden.

Abkürzungsverzeichnis

ACC	Area Control Center
AGL	Above Ground Level
AIP	Aeronautical Information Publication (Luftfahrthandbuch)
AIS	Aeronautical Information Service
ALARP	As Low As Reasonably Practicable
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift
BAIUDBw	Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr
BAZL	Bundesamt für Zivilluftfahrt
cd	Candela
DFS	Deutsche Flugsicherung GmbH
Doc	Document
EASA	European Aviation Safety Agency
ED-R	Flugbeschränkungsgebiet (E – Europa; D – Deutschland, R – Restricted)
EU	Europäische Union
ft	Fuß
GA	General Aviation
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFR	Instrument Flight Rules
IMC	Instrument Meteorological Condition
IR	Infrarot
HEMS	Helicopter Emergency Medical Services
kts	Knoten
LFZ	Luftfahrzeug
LuftVO	Luftverkehrsordnung
m	Meter
MVA	Minimum Vectoring Altitude
MSL	Mean Sea Level
NFL	Nachrichten für Luftfahrer
NM	Nautical Miles
RMZ	Radio Mandatory Zone
SAR	Search and Rescue
SERA	Standardized European Rules of the Air
TMZ	Transponder Mandatory Zone
VFR	Visual Flight Rules
VMC	Visual Meteorological Condition
WEA	Windenergieanlage

Quellenverzeichnis

- [1] Deutsche Flugsicherung (DFS), Luftfahrthandbuch (AIP) Deutschland.
- [2] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen (NfL 1-950-17), 8. Februar 2017.
- [3] Bundesministerium für Verkehr, Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO), 11. Juni 2017.
- [4] Europäische Union, Durchführungsverordnung (EU) Nr. 923/2012 der Kommission zur Festlegung gemeinsamer Luftverkehrsregeln und Betriebsvorschriften für Dienste und Verfahren der Flugsicherung, 26. September 2012.
- [5] European Aviation Safety Agency (EASA), Certification Specification and Guidance Material for Aerodrome Design (CS-ADR-DSN), 2017.
- [6] International Civil Aviation Organization (ICAO), Annex 2 - Rules of the Air, July 2005.
- [7] International Civil Aviation Organization (ICAO), Annex 11 - Air Traffic Services.
- [8] International Civil Aviation Organization (ICAO), Annex 14 - Vol. I - Aerodrome Design and Operations.
- [9] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen, Protokoll der Besprechung "Erfahrungsaustausch über die Anwendung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen (AVV)", Mai 2005.
- [10] Lanthan Gesellschaft für technische Entwicklungen mbH & Co. KG, T00117 Gruppe 1 – 65 m / Grundlagen, 2016.
- [11] Deutsche Flugsicherung (DFS), NFL 1-293-14; Bekanntmachung über Flugbetrieb nach Instrumentenflugregeln im Luftraum der Klasse G, Dezember 2014.
- [12] Deutsche Flugsicherung (DFS), Richtlinien über die Hindernisfreiheit für Start- und Landebahnen für Instrumentenflugbetrieb (NFL I 328/01), November 2001.
- [13] Deutsche Flugsicherung (DFS), Gemeinsame Grundsätze des Bundes und der Länder für die Anlage und den Betrieb von Flugplätzen für Flugzeuge im Sichtflugbetrieb (NFL I 92/13), Mai 2013.
- [14] Deutsche Flugsicherung (DFS), Bekanntmachung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Genehmigung der Anlage und des Betriebs von Hubschrauberflugplätzen (NfL I-36/06), Dezember 2005.
- [15] International Civil Aviation Organization (ICAO), DOC 9859 Safety Management Manual, 2013.
- [16] Deutsche Flugsicherung (DFS), Festlegung von Mindestabständen von Hindernissen zu festgelegten Sichtflugverfahren (NfL 1-847-16), Oktober 2016.
- [17] Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK - Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL - Abteilung Sicherheit und Infrastruktur, Leitfaden AD I-005 D: Safety Risk Management auf Flugplätzen, 2013.
- [18] Deutsche Flugsicherung (DFS), Luftraumstruktur/Sichtflugregeln in Deutschland, http://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Flugsicherung/Luftraum/, Dezember 2014.

[19] European Aviation Safety Agency (EASA), Avoiding Obstacles Lighted with Light-Emitting Diode Obstacle, 2019.