

Wissenschaftliches Hintergrunddokument  
zum Einfluss von Windenergieanlagen  
auf den Flugbetrieb mit UKW-Drehfunkfeuer

**Auftraggeber**

Bundesverband WindEnergie e.V.  
Neustädtische Kirchstraße 6  
10117 Berlin


Dr.-Ing. Ferdinand Behrend

Metzendorfer Weg 30  
21224 Rosengarten  
M: 0177-2973993

[mail@ferdinandbehrend.de](mailto:mail@ferdinandbehrend.de)

USt-IdNr. DE275896640  
SteuerID 47853609242

Rosengarten, 06.03.2019

Angefertigt durch:	Dr.-Ing. Ferdinand Behrend	
--------------------	----------------------------	---

---

## Inhalt

Abbildungsverzeichnis .....	3
Tabellenverzeichnis .....	4
Abkürzungsverzeichnis .....	5
1 Zusammenfassung .....	6
2 Beauftragung/Einleitung.....	8
3 Betriebliche Nutzung und Bedeutung von UKW-Drehfunkfeuern .....	9
4 VOR/DVOR Anlagenschutz im internationalen Vergleich .....	15
5 Aeronautical Study .....	19
Quellenverzeichnis.....	21
Anhang A Prüfverfahren VOR/DVOR im internationalen Vergleich.....	I

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1:	Hindernisfreiflächen nach ICAO Doc 8168 PANS-OPS [6].....	10
Abbildung 2:	Konventionelle Funknavigationsanlagen (NDB, DVOR, LLZ, GP) .....	11
Abbildung 3:	ICAO Strategie zur Entwicklung der Navigationsinfrastruktur [9] .....	13
Abbildung 4:	Ablaufdiagramm der Fachtechnischen Analyse [7].....	16

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Übersicht Anzahl WEA, UKW-Drehfunkfeuer und Fläche..... 18

---

## Abkürzungsverzeichnis

APCH .....	Final Approach
ATS .....	Air Traffic Service Routes
BAF .....	Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung
DFS .....	Deutsche Flugsicherung GmbH
DME .....	Distance Measurement Equipment
DVOR .....	Doppler Very High Frequency Omni Directional Radio Range
FMS .....	Flight Management System
ft .....	Fuß
GNSS .....	Global Navigation Satellite System
GPS .....	Global Positioning System
IAP .....	Instrument Approach Procedure
ICAO .....	International Civil Aviation Organization
IFR .....	Instrument Flight Rules
ILS .....	Instrumentenlandesystem
IMC .....	Instrumental Meteorological Conditions
IRS .....	Inertial Reference System
km .....	Kilometer
Lat .....	Latitude
LFZ .....	Luftfahrzeug
Lon .....	Longitude
LuftVG .....	Luftverkehrs-Gesetz
MA .....	Missed Approach
MSL .....	Mean Sea Level
MOC .....	Minimum Obstacle Clearance
NDB .....	Non-Directional Beacon
NM .....	Nautische Meilen
RNAV .....	Area Navigation
SID .....	Standard Instrument Departure Route
STAR .....	Standard Terminal Arrival Route
UKW .....	Ultrakurzwelle
VFR .....	Visual Flight Rules
VMC .....	Visual Meteorological Conditions
VOR .....	Very High Omnidirectional Radio Range
WEA .....	Windenergieanlage

# 1 Zusammenfassung

UKW-Drehfunkfeuer (VOR/DVOR) gehören zu den bodengestützten konventionellen Funknavigationsanlagen. Sie werden von den Luftraumnutzern zur Positionsbestimmung im Rahmen von Instrumentenflugverfahren verwendet. Somit sind sie ein Bestandteil der Navigationsinfrastruktur und dienen dem sicheren und effizienten Betrieb der Luftfahrt. Im Rahmen der weltweiten Umstellung der Instrumentenflugverfahren (Streckenflug-, An- und Abflugverfahren) auf reine Flächennavigation nimmt die Bedeutung der konventionellen Navigationsanlagen, insbesondere der VOR/DVOR, mehr und mehr ab. Der seitens der weltweiten Mitgliedstaaten anerkannte Global Air Navigation Plan der Internationalen Luftfahrtorganisation (ICAO) sieht u.a. einen Abbau der VOR/DVOR Anlagen um bis zu 50% vor.

Dieses Vorhaben ist durch die Europäische Kommission aufgenommen und in entsprechenden rechtskräftigen Verordnungen umgesetzt worden (z.B. EU 2018/1048). Deutschland als Mitgliedsstaat hat sich damit verpflichtet, die Navigationsverfahren bis zum Jahr 2030 so umzugestalten, dass primär Flächennavigationsverfahren mit Satellitennavigation zum Einsatz kommen sollen. Nur für Gebiete mit geringer Abdeckung bzw. für mögliche Ausfälle der Satellitennavigationssystem muss ein verringertes Netz an konventionellen Navigationsanlagen (u.a. VOR/DVOR) vorgehalten werden.

Alle Navigationsanlagen müssen im Rahmen der seitens der ICAO vorgegebenen Anforderungen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit betrieben werden, um den Luftfahrzeugen ein sicheres Navigieren auf den jeweiligen Instrumentenflugverfahren zu gewährleisten. Bauwerke können insbesondere Einfluss auf die Ausbreitung der elektromagnetischen Funkwellen der konventionellen Navigationsanlagen (z.B. VOR/DVOR) nehmen und die Genauigkeit der Positionsbestimmung beeinflussen. Hierfür stellt die ICAO das EUR Doc 015 als Anleitungsmaterial zum Anlagenschutz zur Verfügung, welches Prüfbereiche um die jeweiligen Navigationsanlagen definiert. Hierbei wird eine Unterscheidung zwischen Gebäuden jeglicher Art und Windenergieanlagen im speziellen vorgenommen, wobei der Prüfbereich für Windenergieanlagen wesentlich größer ausfällt. Für Anlagen des Typ VOR ist dieser als ein Zylinder mit einem Radius von 15 km um das VOR definiert und beginnt ab einer Höhe von 52 m. Für Anlagen des Typs DVOR beträgt der Radius 10 km.

Befindet sich eine Windenergieanlage innerhalb dieses Bereichs, muss eine entsprechende fachtechnische Analyse zeigen, ob die mögliche Störung durch das Bauwerk noch für den Betrieb der Anlage akzeptabel ist. Das Anleitungsmaterial ist jedoch weder bindend, noch werden spezifische Aussagen hinsichtlich der anzuwendenden Berechnungsmethodik gemacht.

Eine Analyse des Vorgehens diverser Mitgliedsstaaten der ICAO und der Europäischen Union hinsichtlich des Anlagenschutzes von VOR/DVOR vor Windenergieanlagen hat gezeigt, dass grundsätzlich alle Länder den im EUR Doc 015 beschriebenen Prozess des Anlagenschutzes und die entsprechenden Schutzbereiche (10 km bzw. 15 km) anwenden. Einige Länder haben die Anlagenschutzbereiche sogar in ihrer Größe reduziert (Belgien / 7 km, Spanien / 3 km, Australien / 1,5 km), ohne dass dies erkennbaren Einfluss auf die Sicherheit des Flugbetriebs zu haben scheint.

Nur in Deutschland bzw. durch die Deutsche Flugsicherung wird – auf Basis einer internen Bewertung der DFS selbst - konsequent der 15 km Radius für VOR und DVOR Anlagen angewendet. Dies wird mit einer „besonders hohen Dichte an Windenergieanlagen“ und einer daraus resultierenden „Vorbelastung“ der DVOR Anlagen begründet. Nur für eine Anlage (DVOR Hamburg) ergibt die eigene Bewertungsmethodik die Möglichkeit, dass der 10 km Radius unter Umständen angewendet werden kann.

Alle untersuchten Länder verwenden zur Bestimmung möglicher Fehlerpotentiale von Windenergieanlagen weitestgehend das Analysetool der Ohio University (OUNPPM), welches weltweit Akzeptanz genießt und u.a. mit Hilfe von Flugvermessungsergebnisse validiert wurde. Ingenieurbüros und Sachverständige verwenden teilweise auch komplexere numerische Simulationsprogramme oder auch eigene Ansätze (z.B. NAVCOM Consult), um die Ergebnismenge noch weiter zu erhöhen. Dazu sind auch komplexere numerische Simulationen (z.B. NAVCOM Consult) in der Anwendung. Nur die Deutsche Flugsicherung verwendet eine Eigenentwicklung für die Berechnung des möglichen zusätzlichen Winkelfehlers durch Windenergieanlagen, welche vergleichsweise sehr konservative Ergebnisse erzielt und in der internationalen Fachwelt umstritten ist. Betrachtet man die Anzahl der Windenergieanlagen gegenüber der Anzahl der VOR/DVOR in Deutschland und vergleicht diese mit der Fläche der einzelnen Länder, so ist kein wissenschaftlich/technischer Grund erkennbar, welcher dieses individuelle Vorgehen generell rechtfertigt (z.B. auf Grund erhöhten Risikos durch besonders viele Windenergieanlagen).

In sechs von elf der befragten Länder ist das Hinzuziehen von Fachexperten üblich, welche entsprechende Gutachten zur Bewertung des Störungspotentials anfertigen und seitens der verantwortlichen Behörde zur Entscheidung zugelassen werden. Die abschließende Bewertung obliegt jedoch immer der verantwortlichen Behörde.

## **2 Beauftragung/Einleitung**

Im Rahmen dieser Beauftragung soll ein wissenschaftliches Hintergrunddokument zum Einfluss von Windenergieanlagen (WEA) auf den Flugbetrieb mit UKW-Drehfunkfeuer erstellt werden. Dabei sollen vor allem flugbetriebliche Aspekte im Vordergrund stehen – insbesondere die aktuelle und zukünftige Bedeutung von UKW-Drehfunkfeuern für die Luftfahrt auf Basis nationaler und internationaler Verordnungen und Richtlinien.

Darüber hinaus soll eine Übersicht über die Vorgehensweise verschiedener Länder bzw. Luftfahrtbehörden im internationalen Vergleich hinsichtlich der Analyse und der Bewertung von möglichen Störungen durch WEA auf die Leistungsfähigkeit von UKW-Drehfunkfeuern erarbeitet werden. Hierfür soll Kontakt zu den jeweiligen Behörden und/oder Flugsicherungsanbietern aufgenommen werden, und eine Recherche hinsichtlich der jeweiligen Vorgehensweisen durchgeführt werden. Das Ergebnis der Recherche soll mit den jeweiligen nationalen Gegebenheiten (Fläche des Landes, Anzahl an UKW-Drehfunkfeuer, Anzahl an WEA) korreliert werden. Besondere Punkte wie z.B. abweichende Anwendung von Flächen entgegen der bestehenden ICAO EUR Doc 015 Flächen zum Schutz von konventionellen Navigationsanlagen oder die Akzeptanz von privaten Gutachten sollen dabei entsprechend aufgeführt werden.



### 3 Betriebliche Nutzung und Bedeutung von UKW-Drehfunkfeuern

UKW-Drehfunkfeuer (*Very High Frequency Omnidirectional Radio Range*, VOR) und das hinsichtlich der Winkelgenauigkeit und Störanfälligkeit verbesserte Doppler-Drehfunkfeuer (DVOR) gehören zu der Kategorie der bodengestützten Funknavigationseinrichtungen im Bereich der zivilen Luftfahrt. Sie dienen zur Navigation eines Luftfahrzeuges (LFZ) und werden für den An-, Ab- und Streckenflug innerhalb sogenannter Instrumentenflugverfahren (*Instrument Flight Procedures*) verwendet.

#### Flugregeln

In der Luftfahrt wird zwischen Sichtflug (*Visual Flight Rules*, VFR) und Instrumentenflug (*Instrument Flight Rules*, IFR) unterschieden.

Beim Sichtflug navigiert das LFZ nach Sicht, d.h. der Luftfahrzeugführer verwendet charakteristische Bodenmerkmale (Straßen, Flüsse etc.) zur Positionsbestimmung und ist somit abhängig vom Wetter (Sichtweite und Hauptwolkenuntergrenze). Sichtflug wird vorwiegend von der allgemeinen Luftfahrt (z.B. Sportfliegerei) angewandt, wo das kommerzielle Interesse der uneingeschränkten Beförderung von Personen oder Fracht eher zweitrangig ist. Die Verantwortung zur Kollisionsvermeidung und dem Einhalten der Hindernisfreiheit liegt während des Sichtflugs beim Luftfahrzeugführer.

Beim Instrumentenflug verwendet der Luftfahrzeugführer verschiedene Sensoren und deren Signale zur Positionsbestimmung, die auf seinen Instrumenten im Cockpit dargestellt werden. Er navigiert nach seinen „Instrumenten“, d.h. er ist grundsätzlich unabhängig vom Wetter und benötigt keine Außensicht. Die Verantwortung zur Kollisionsvermeidung liegt während des Instrumentenflugs bei den verantwortlichen Fluglotsen der jeweiligen Flugsicherung. Diese haben mit entsprechenden Überwachungsgeräten (z.B. Radar) die Übersicht über die sich in ihren Kontrollsektoren befindlichen LFZ und können entsprechende Richtungsanweisungen zur Steuerung des Luftverkehrs anweisen. Hindernisfreiheit wird durch das Einhalten entsprechender Instrumentenflugverfahren gewährleistet, welche von der jeweiligen Flugsicherung konstruiert und veröffentlicht werden. Instrumentenflug wird vor allem in der kommerziellen Luftfahrt angewendet, um unabhängig vom Wetter operieren zu können. [1] [10]

#### Instrumentenflugverfahren

Das Bereitstellen von **Instrumentenflugverfahren** für die jeweiligen Luftraumnutzer beinhaltet zwei Komponenten – die Konstruktion des Verfahrens selbst und das ordnungsgemäße Betreiben der entsprechenden Navigationsinfrastruktur, auf die sich das jeweilige Instrumentenflugverfahren stützt (z.B. bodengestützte Navigationsanlagen wie VOR/DVOR). Zweck eines Instrumentenflugverfahren ist es, ein LFZ sicher und effizient durch den Luftraum zu führen. Im Rahmen des Designprozesses müssen dementsprechend diverse Faktoren berücksichtigt werden – Sicherheit, Kapazität, Fluglärm und Flugweglänge.

Für die Konstruktion von Instrumentenflugverfahren ist in Deutschland grundsätzlich die Deutschen Flugsicherung GmbH **DFS** verantwortlich (Abteilung für Verfahrensdesign). Das höchste Regelwerk hierfür ist das ICAO Doc 8168 PANS-OPS Volume II „*Construction of Visual and Instrument Flight Procedures*“, welches weltweit zur Anwendung

kommt [11]. Folgende Instrumentenflugverfahren stellt die DFS im deutschen Luftraum zur Verfügung:

- Abflugstrecken (*Standard Instrument Departure Route SID*)
- Anflugstrecken (*Standard Terminal Arrival Route STAR*)
- Instrumentenanflugverfahren (*Instrument Approach Procedure IAP*)
- Streckenflugverfahren (*Air Traffic Service Routes ATS Routes*)

Ein Instrumentenflugverfahren muss dabei hinsichtlich der lateralen und vertikalen Routenführung so konstruiert werden, dass der umgebende Verfahrensschutzraum frei von Hindernissen ist und dadurch dem LFZ Sicherheit auch bei schlechter Sicht gewährleistet (*Minimum Obstacle Clearance, MOC*, vgl. Abbildung 1). Die laterale und vertikale Ausdehnung des Verfahrensschutzraums ist dabei abhängig von der Genauigkeit der verwendeten Navigationssysteme – je genauer diese das LFZ seine Position bestimmen lassen, umso kleiner kann der Verfahrensschutzraum gewählt werden. Ein kleinerer Verfahrensschutzraum gibt dem Verfahrensdesigner wiederum mehr Flexibilität in der Gestaltung der Routenführung, da er weniger Hindernisse entlang des Flugwegs berücksichtigen muss (z.B. in bergigen Umgebungen).

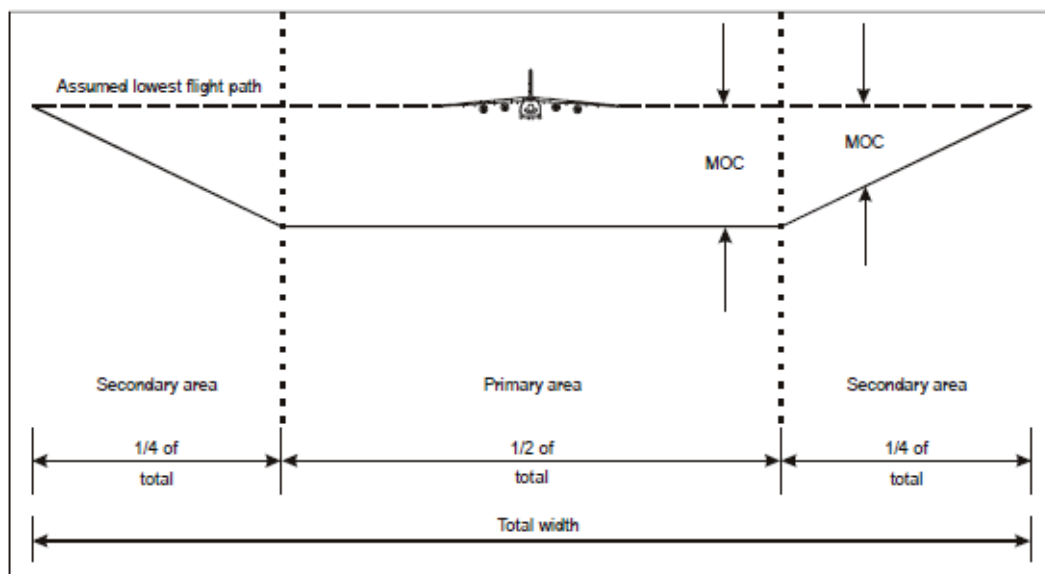


Abbildung 1: Hindernisfreiflächen nach ICAO Doc 8168 PANS-OPS [11]

Folglich besteht der Anspruch und die Abhängigkeit der Verfahrensplanung an die Bereitstellung von entsprechenden Navigationssystemen (Sensoren) und deren ordnungsgemäßen Funktion. In Deutschland ist hierfür grundsätzlich ebenso die Deutsche Flugsicherung GmbH verantwortlich (Abteilung für Navigationsdienste). Die entsprechenden Anforderungen für den Betrieb der verschiedenen Navigationssysteme sind im ICAO: Annex 10 „*Aeronautical Telecommunications, Volume I Radio Navigation Aids*“ festgelegt [9].

### **Konventionelle Funknavigation**

Bei den verwendeten Sensoren im Instrumentenflug wird zwischen klassischer Funknavigation und Flächennavigation unterschieden. Zur Funknavigation werden ausschließlich sich am Boden befindende Navigationssysteme verwendet, um mit ihrer Hilfe die

LFZ-eigene Position im Raum zu bestimmen. Zu der Kategorie der bodengestützten Funknavigationseinrichtungen gehören:

- *Non-Directional Beacon* **NDB**
- *Very High Omnidirectional Radio Range* **VOR**
- Doppler Very High Omnidirectional Radio Range **DVOR**
- *Distance Measurement Equipment* **DME**
- *Instrument Landing System* **ILS**



Abbildung 2: Konventionelle Funknavigationseinrichtungen (NDB, DVOR, LLZ, GP)

Bei der Navigation basierend auf konventionellen Funknavigationseinrichtungen ist der Luftfahrzeugführer stark abhängig von der Dichte der sich am Boden befindlichen Navigationsinfrastruktur. Instrumentenflugverfahren können nur entlang der Funknavigationseinrichtungen konstruiert werden. Dies führte zu einer hohen Dichte an Funknavigationseinrichtungen, insbesondere in der Nähe von großen Verkehrsflughäfen.

### **Flächennavigation**

Im Zuge des stetigen Wachstums der zivilen Luftfahrt wurde die sogenannte Flächennavigation (*Area Navigation*, RNAV) eingeführt. Folgende Definition von Flächennavigation gilt nach ICAO Annex 11, Kapitel 1, „Definitions“:

**“Area Navigation (RNAV).** *A method of navigation which permits aircraft operation on any desired flight path within the coverage of ground- or space-*

*based navigation aids or within the limits of the capability of self-contained aids, or a combination of these.”[10]*

In der Flächennavigation werden alle dem LFZ zur Verfügung stehende Sensoren verwendet und in einem Navigationscomputer (z.B. *Flight Management System*, **FMS**) zur Positionsbestimmung ausgewertet. Dieser vergleicht die aktuelle Position des LFZ mit der geographischen Position (Latitude/Longitude) gespeicherter Wegpunkte und gibt entsprechende Kursanweisungen an den Piloten oder den Autopiloten zur Flugführung weiter. Der Luftfahrzeugführer ist mit Hilfe von RNAV in der Lage, unabhängig von Bodeneinrichtungen entlang beliebig definierbarer Wegpunkte zu navigieren. Instrumentenflugverfahren können mit Hilfe von RNAV wesentlich freier in ihrer Kursführung konstruiert werden. An- und Abflugverfahren können somit auch den heutigen Ansprüchen hinsichtlich Lärmoptimierung und Effizienz angepasst werden. Zu den bereits oben genannten Sensoren der Funknavigation werden bei RNAV zusätzlich folgende Systeme verwendet:

- Bordeigenes Inertialsystem bestehend aus Kreisel- und Beschleunigungssensoren (*Inertial Reference System*, **IRS**)
- Globales Navigationssatellitensystem (*Global Navigation Satellite System*, **GNSS**)

Dabei gilt anzumerken, dass Flächennavigationsverfahren auch ohne den Einsatz von GNSS (beinhaltet **GPS**) nur mit Hilfe der anderen Sensoren (VOR/DVOR, DME, IRS) angewendet werden können. Dazu besteht in Deutschland nach der Flugsicherungs-ausrüstungsverordnung auch keine Verpflichtung für das Mitführen eines GNSS-Systems [3].

Aktuelle Studien der EUROCONTROL haben gezeigt, dass in Europa derzeit ca. 96% aller durchgeführten IFR-Flüge in der Lage sind, Flächennavigationsverfahren zu verwenden und ca. 87% mit GNSS ausgerüstet waren [4][5]. Außerdem besteht für den Instrumentenflugverkehr in Deutschland eine nahezu vollständige Radarüberwachung, so dass eine mögliche Abweichung vom Soll-Flugweg durch den verantwortlichen Fluglotsen korrigiert werden kann.

Der „*Global Air Navigation Plan 2016 – 2030*“ (ICAO Doc 9750) der Internationale Zivilluftfahrtorganisation **ICAO** (*International Civil Aviation Organization*) sieht vor, dass zukünftig nur noch Flächennavigationsverfahren im Sinne der leistungs-basierten Navigation (*Performance Based Navigation* **PBN**) eingesetzt werden sollen. Die dafür vorgesehenen Navigationssensoren sind ILS und DME als konventionelle bodengestützte Systeme, GNSS als Satellitennavigationssystem (GPS<sup>1</sup>, GLONASS<sup>2</sup>, Galileo<sup>3</sup>) und die bord-eigene Trägheitsnavigation (IRS). VOR/NDB Anlagen sollen weitestgehend abgebaut werden, und nur noch als Rückfall-System zur Verfügung stehen [12].

<sup>1</sup> GPS – “Global Positioning System”, USA

<sup>2</sup> GLONASS – “Globalnaja nawigazionnaja sputnikowaja Sistema”, Russland

<sup>3</sup> Galileo – Europa

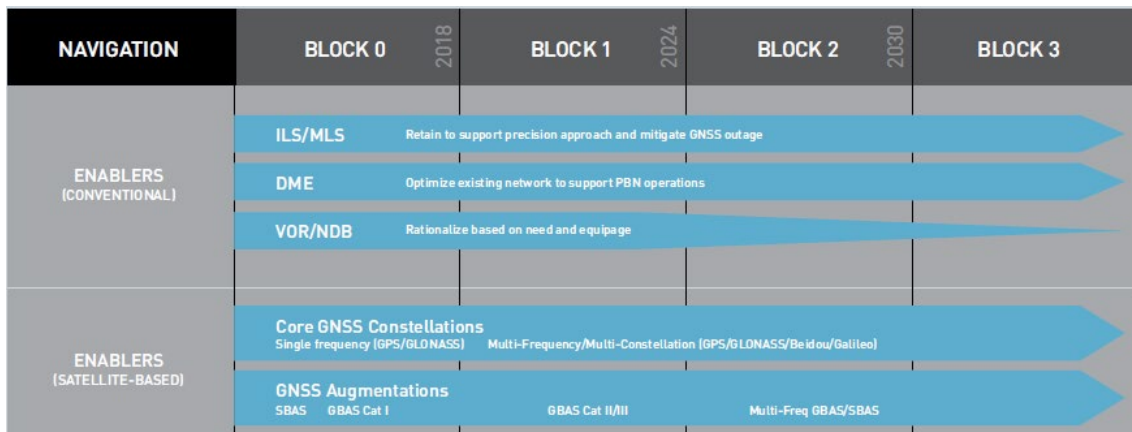


Abbildung 3: ICAO Strategie zur Entwicklung der Navigationsinfrastruktur [12]

Im ICAO Annex 10 wird in der „*Strategy for Rationalization of Conventional Radio Navigation Aids Evolution toward supporting Performance Based Navigation*“ (Attachement H) dieses Vorgehen bestätigt und der Umgang mit den einzelnen Sensoren weiter ausgeführt. Alle Instrumentenflugverfahren sollen grundsätzlich auf Flächennavigation umgestellt werden. NDB Anlagen sollen vollständig abgebaut werden: VOR/DVOR Anlagen sollen bis zu 50% abgebaut werden, um ein rudimentäres Netz an Instrumentenflugverfahren mit VOR/DVOR zur Verfügung zu stellen. Diese dienen verbleibenden Luftraumnutzer, welche nicht mit entsprechender Navigationsausrüstung ausgestattet sind. Die Anzahl an DME Anlagen sollen hinsichtlich der Flächennavigation erweitert werden, um den primären Sensor GNSS bei schlechter Abdeckung oder Ausfall unterstützen zu können. [9]

Auf europäischer Ebene werden die Inhalte dieser Strategie konkret mit der Durchführungsverordnung (EU) 2018/1048 vom 18. Juli 2018 zur „Festlegung von Anforderungen an die Luftraumnutzung und von Betriebsverfahren in Bezug auf die leistungsbasierte Navigation“, gestützt auf die Verordnung (EU) Nr. 2018/1139 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2018 zur Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Zivilluftfahrt und zur Errichtung einer Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit, verbindlich für alle Mitgliedsstaaten vorgeschrieben [5][6]. Alle Flugsicherungsanbieter und Betreiber von Flughäfen müssen ihre Instrumentenflugverfahren und entsprechende Navigationsinfrastruktur bis spätestens 6. Juli 2030 auf Flächennavigation mit spezifischen Leistungswerten im Sinne der leistungsbasierten Navigation (PBN) umstellen. Dies soll auch entsprechende Contingency-Maßnahmen – insbesondere die Aufrechterhaltung eines Netzes konventioneller Flugnavigationshilfen – beinhalten (Artikel 6 EU 2018/1048), um im Falle eines Ausfalls von GNSS weiterhin Instrumentenflugverfahren aufrecht zu erhalten [7].

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte – insbesondere die Europäischen Verordnung 716/2014 – ist die Bedeutung von VOR/DVOR Anlagen zukünftig für den Flugbetrieb als gering einzustufen. Auf Basis der Europäischen Durchführungsverordnung (EU) 716/2014 vom 27. Juni 2014 über die „Einrichtung des gemeinsamen Pilotvorhabens für die Unterstützung der Durchführung des europäischen Masterplans für das Flugverkehrsmanagement“ müssen bis zum 1. Januar 2024 alle deutschen Großflughäfen (Frankfurt/Main, München, Düsseldorf, Berlin BER) ihre Instrumentenflugverfahren (SID, STAR, IAP) vollständig auf Flächennavigation ohne die Verwendung von VOR/DVOR umstellen [8].

Bereits aktuell verwendet nur ein geringer Teil der jährlichen IFR-Flugbewegungen die in Deutschland betriebenen VOR/DVOR Anlagen – vorwiegend zum Training oder bei fehlender Ausrüstung für die Flächennavigation ausschließlich mit GNSS, IRS oder DME. An einigen Flughäfen in Deutschland ist bereits jetzt schon eine Umstellung auf die fast ausschließliche Nutzung von Flächennavigationsverfahren für SID und STAR erfolgt (z.B. Frankfurt/Hahn).

Durch die flächendeckende Einführung von Flächennavigationsverfahren und die Verwendung von GNSS als primärer und DME als sekundärer Sensor wird nur noch ein Basisnetzwerk mit geringer Anzahl an VOR/DVOR Anlagen benötigt – ein gänzlicher Verzicht ist jedoch nicht geplant. Den Vorgaben der ICAO und Europäischen Union folgend kann das Netzwerk an **VOR/DVOR** Anlagen jedoch um bis zu **50% verringert werden**.

## 4 VOR/DVOR Anlagenschutz im internationalen Vergleich

Wie im vorigen Kapitel beschrieben ist die störungsfreie Funktion der Navigationsanlagen ein wichtiger Bestandteil zur Gewährleistung des sicheren Betriebs der Luftfahrt. Instrumentenflugverfahren werden mit Hilfe von Navigationssystemen definiert – bodengestützt (NDB, VOR/DVOR, DME, ILS), bordgestützt (IRS) oder weltraumgestützt (GNSS) – und garantieren den Nutzern Schutz vor Hindernissen und anderen Luftraumteilnehmern. ICAO Annex 10 definiert hierfür entsprechende Leistungswerte für die jeweiligen Systeme, welche diese erbringen müssen, um für die Nutzung für Instrumentenflugverfahren (konventionell und Flächennavigation) zugelassen zu werden [9].

Hierbei liegt es in der Verantwortung der Betreiber – meist der nationale Flugsicherungsanbieter – den störungsfreien Betrieb der Anlagen sicherzustellen und diese regelmäßig zu warten und ihre Leistungsfähigkeit zu überprüfen (z.B. durch Flugvermessung). Hindernisse wie z.B. Windenergieanlagen können die störungsfreie Übertragung der Signale von bodengestützten Navigationsanlagen zu den Nutzern beeinflussen und zu nicht akzeptablen Einschränkungen der Nutzbarkeit führen. Hindernisse in der Umgebung der Navigationsanlagen müssen dementsprechend hinsichtlich ihres Störpotentials untersucht werden und gegebenenfalls beschränkt werden, um den sicheren Flugbetrieb weiterhin zu gewährleisten.

ICAO hat hierfür das ICAO EUR Doc 015 „Europäisches Anleitungsmaterial zum Umgang mit Anlagenschutzbereichen“ veröffentlicht, welches ein Anleitungsmaterial für den Prozess des Schutzes bodengestützter Flugsicherungsanlagen vor Beeinträchtigungen durch Hindernisse in der Umgebung darstellt und von vielen Ländern angewendet wird [13]. Hier werden bestimmte Schutzbereiche um die Anlagen definiert (z.B. VOR/DVOR), welche bei einer Beeinträchtigung durch ein Hindernis zu einer entsprechenden Prüfung führen. Die Größe dieser Schutzbereiche steht in Abhängigkeit zur jeweiligen Anlage. Das EUR Doc 015 definiert explizit für VOR/DVOR einen Schutzbereich vor WEA, welcher die Form eines Kreises um die Anlage mit einer Höhe von 52 m und einem Radius von 15 km für ein VOR bzw. einem Radius von 10 km für ein DVOR hat.

Der im ICAO EUR Doc 015 beschriebene generelle Prozess der fachtechnischen Analyse zum Schutze der Anlagen ist in Abbildung 4 beschrieben. Der Bauantrag für die Errichtung eines Bauwerkes wird hinsichtlich der Durchdringung des jeweiligen Anlagenschutzbereiches von der zuständigen Behörde überprüft. Wird der Schutzbereich verletzt, wird eine entsprechende fachtechnische Analyse (z.B. eine Simulation der möglichen Störung) durchgeführt und durch entsprechende Experten z.B. des Betreibers der Anlage bewertet. Ist die zu erwartende Störung innerhalb der akzeptablen Leistungswerte der Anlage (vgl. ICAO Annex 10), kann dem Bauantrag durch die verantwortliche Behörde stattgegeben werden. Ist die Störung zu groß, wird der Bauantrag abgelehnt.

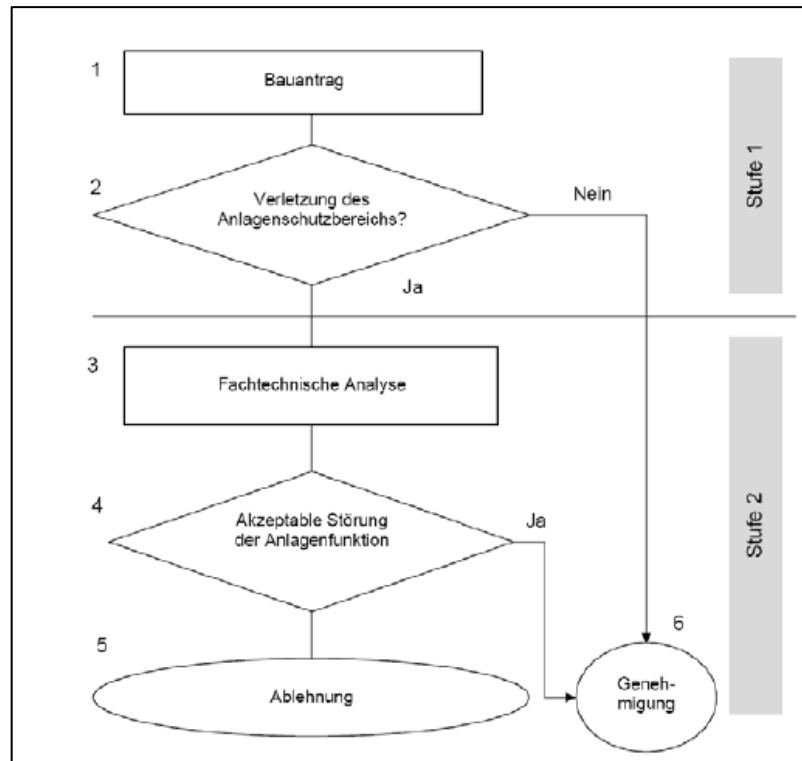


Abbildung 4: Ablaufdiagramm der Fachtechnischen Analyse [13]

Über die Durchführung und den Umfang der Fachtechnischen Analyse gibt das EUR Doc 015 jedoch weder eine genaue Vorgabe, noch schränkt es den Personenkreis der Fachexperten ein, welche die Analyse und die anschließende Bewertung durchführen können. Somit liegt es in der verantwortlichen Behörde des jeweiligen Landes selbst, welche Prüfverfahren und welcher Personenkreis für die Durchführung einer fachtechnischen Analyse zugelassen werden. Außerdem stellt das EUR Doc 015 in der ICAO Dokumenten Hierarchie nur ein sogenanntes „*Guidance Material*“ dar, welches nicht – wie z.B. die Standards eines Anhangs (Annex) – verbindlich für den Mitgliedstaat hinsichtlich der Umsetzung ist. Vielmehr stellt es **nur ein Anleitungsmaterial** dar, welches beschreibt, wie der Prozess zum Schutz der Anlagen durchgeführt werden **kann**.

Eine wissenschaftliche Recherche wurde durchgeführt, um die Vorgehensweise verschiedener Mitgliedstaaten der ICAO hinsichtlich des Umgangs von potenziellen Störungen von VOR/DVOR durch die Errichtung von Windenergieanlagen aufzuzeigen und zu vergleichen. Hierfür konnten Erkenntnisse zu den USA, Australien, Schweiz, Belgien, Niederlande, Italien, Spanien, Dänemark, Vereinigtes Königreich und Irland gewonnen werden. Im Anhang A sind die Ergebnisse der Recherche ausführlich dargestellt.

Grundsätzlich ist zu sehen, dass der generelle Prozess des Prüfverfahrens von allen untersuchten Ländern angewendet wird. Schutzbereiche werden definiert und bei einer Durchdringung dieser durch das zu überprüfende Bauwerk, wird eine detaillierte Fachtechnische Analyse durchgeführt.

Fast alle Länder wenden die Schutzbereiche des EUR Doc 015 an (10 km bei DVOR und 15 km bei VOR), nur Spanien, Belgien und Australien weichen von den Größen ab und wählen generell kleinere Schutzbereiche von 1,5 km (Australien) 3 km (Spanien) bzw. 7 km (Belgien). Deutschland hingegen wendet auf Basis einer internen Studie und der Begründung der bereits hohen Belastung auch außerhalb des 10 km Radius bei



DVOR weiterhin konsequent den 15 km Radius an. Nur für das DVOR Hamburg kann u.U. ein kleinerer Schutzbereich mit einem Radius von 10 km angewendet werden.

Wird der Schutzbereich durchdrungen, wird die verantwortliche Institution für den Betrieb der Anlage um eine fachtechnische Analyse seitens der Behörde gebeten. In allen befragten Ländern ist dies der nationale Flugsicherungsanbieter. In mehr als der Hälfte der befragten Länder (sechs von elf) kann diese Aufgabe durch die Flugsicherung an private Unternehmen mit entsprechender technischer Fachexpertise weitergegeben werden. In Deutschland, den USA, der Schweiz und den Niederlanden wird die Analyse nur von der Flugsicherung selbst ausgeführt.

Die fachtechnische Analyse selbst wird mit einem entsprechenden Analysetool durchgeführt, welches die Auswirkung des zu errichtenden Bauwerks auf die Qualität der Funkwellenausbreitung des VOR/DVOR simuliert. Bei allen befragten Ländern wird hierfür das Analysetool der „Ohio University Navigation Aid Performance Prediction Model“ **OUNPPM** verwendet. Dieses beruht auf einer Modellierung der Windenergieanlage als vereinfachtes CAD Model und einer Berechnungsmethode auf Basis von physikalischer Optik. Zwar bestehen durchaus Optimierungsansätze hinsichtlich der Qualität und Genauigkeit der Ergebnisse, das Analysetool wird jedoch vielfach international angewendet, mit realen Ergebnissen der Flugvermessung validiert und wird selbst von der amerikanischen Luftfahrtbehörde FAA (Federal Aviation Authority) angewendet, welche eine hohe Stellung und Akzeptanz in der Luftfahrt genießt. Darüber hinaus kommen durch unabhängige Gutachter auch noch weitere Methoden zur Anwendung, welche numerische Berechnungen zur Bewertung anwenden (z.B. NAVCOM Consult). Allen Ansätzen ist gemein, dass sie grundlegend auf der Berechnung der elektromagnetischen Wechselwirkungen zwischen dem Funksignal und einem physisch abgebildeten Windenergieanlagen-Modell basieren.

Nur die Deutsche Flugsicherung verwendet eine eigens entwickelte Berechnungsmethodik basierend auf den Ergebnissen einer Veröffentlichung der École nationale de l'aviation civile (ENAC) aus dem Jahr 2008 [2][16]. Die Ergebnisse dieser Veröffentlichung wurden allerdings seitens der Autoren selbst in einer Folgeveröffentlichung im Jahr 2010 wieder in Frage gestellt [17] – trotzdem verweist die DFS weiterhin auf die Veröffentlichung aus dem Jahr 2008. Die seitens der DFS angewendete Bewertungsmethodik wurde nur durch die DFS selbst validiert und erzielt äußerst konservative Ergebnisse hinsichtlich der zu erwartenden Störwirkung durch WEA. Zur Validierung werden Berechnungen anderer Gutachter herangezogen und mit den Ergebnissen der DFS-Methode verglichen. Interessanterweise werden aber genau diese Gutachten seitens der DFS im Rahmen des Bewertungsprozesses zur Bestimmung des Einflusses von WEA auf VOR/DVOR **NICHT** akzeptiert (vgl. OVG Lüneburg, Urteil vom 03. Dezember 2014 – 12 LC 30/12). Zudem wird die Bewertungsmethodik innerhalb entsprechender wissenschaftlicher Fachkreise diskutiert und ihre grundsätzliche mathematische Korrektheit angezweifelt.

Ein abschließender Vergleich der Fläche der einzelnen Länder, der Anzahl an WEA und der Anzahl an UKW-Drehfunkfeuern zeigt keine besonderen Ergebnisse (vgl. Tabelle 1). Deutschland hat die höchste Anzahl an WEA, jedoch im Verhältnis Fläche zu Anzahl an

WEA hat Dänemark die meisten Anlagen. Spanien hat die meisten VOR/DVOR, jedoch im Verhältnis der Fläche zur Anzahl VOR/DVOR hat Belgien die meisten Anlagen.

Eine Aussage hinsichtlich eines Landes, welches eine Sonderrolle bezüglich der Anzahl an WEA und UKW-Drehfunkfeuer bezogen auf die Größe des Landes einnimmt, lässt sich nicht machen.

Land	Fläche [km2]	Anzahl WEA	Fläche km2 pro WEA	Anzahl VOR/DVOR	Fläche km2 pro VOR/DVOR	Prüfbereiche VOR / VOR
Belgien	30.528	767	40	17	1796	7km / 7km
Schweiz	41.285	37	1116	11	3753	15km / 10km
Niederlande	42.508	2151	20	10	4251	15km / 10km
Dänemark	42.921	4144	10	10	4292	15km / 10km
Irland	70.273	1712	41	7	10039	15km / 10km
Großbritannien	242.495	6116	40	46	5272	15km / 10km
Italien	301.338	7178	42	48	6278	15km / 10km
Deutschland	357.386	27159	13	59	6057	15km / 15km
Spanien	505.990	20135	25	88	5750	3km / 3km

Tabelle 1: Übersicht Anzahl WEA, UKW-Drehfunkfeuer und Fläche

## 5 Aeronautical Study

Im Rahmen der zivilen Luftfahrt bestehen diverse Anforderungen hinsichtlich Schutzbereiche um Flugsicherungsverfahren- und Einrichtungen zur Gewährleistung eines sicheren Flugbetriebs. Dies können z.B. Bauschutzbereiche um Flughäfen, Verfahrensschutzräume zur Gewährleistung der Hindernisfreiheit um Instrumentenflugverfahren oder auch Anlagenschutzbereiche um Navigationseinrichtungen sein. Diverse Dokumente der ICAO bestimmen die Dimensionen dieser Schutzbereiche (z.B. ICAO Annex 14, ICAO PANS-OPS, EUR Doc 015) und werden von ihren Mitgliedsstaaten entsprechend umgesetzt, um das hohe Maß an Sicherheit in der Luftfahrt zu gewährleisten.

Werden die Schutzbereiche von möglichen Hindernissen durchdrungen, muss eine entsprechende Prüfung darlegen, ob der Anstieg des zu erwartenden Risikos durch die Störung der Funktionalität der Einrichtung oder der entsprechenden Betriebsverfahren für den Flugbetrieb in einem akzeptablen Bereich liegt oder nicht. ICAO gibt für diesen Vorgang – die sogenannten *Aeronautical Study* – diverses Anleitungsmaterial inklusive entsprechender Grenzwerte und Akzeptanzniveaus vor, um eine adäquate Bewertung durchzuführen (z.B. ICAO Doc 9859 *Safety Management Manual*) [14]. Je nach Anwendungsgebiet in der Luftfahrt und Einfluss auf einen sicheren Betrieb ist der Spielraum hinsichtlich des tolerablen Anstiegs unterschiedlich oder in einigen Fällen nicht vorhanden. Schlussendlich liegt die Entscheidung zumeist bei der jeweiligen nationalen (z.B. BAF/Deutschland) oder supranationalen (EASE/Europa) Luftfahrtbehörde, welche Grenzwerte angewendet werden und welche Abweichungen noch akzeptabel sind.

Auch im Bereich des Anlagenschutzes von UKW-Drehfunkfeuer wird bei einer Verletzung des meist durch die verantwortliche Luftfahrtbehörde definierten Schutzbereiches eine fachtechnische Untersuchung durchgeführt, um den Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Anlage zu überprüfen (vgl. Kapitel 4). Dazu wird eine von der verantwortlichen Institution (z.B. Luftfahrtbehörde oder Flugsicherung) akzeptierte Prognosemethode verwendet, um die mögliche Abweichung der Winkelgenauigkeit („Winkelfehler“) durch die Errichtung der jeweiligen Hindernisse zu bestimmen. Die ICAO gibt hierfür entsprechende Leistungswerte im Annex 10 vor, welche ein VOR/DVOR im Betrieb erreichen sollte, die jedoch nur Richtwerte darstellen. Im Vergleich zu harten Limits wie z.B. für das sicherheitskritische Instrumentenlandesystem (ILS), welche alle im ICAO Annex 10 mit dem englischen „*shall*“ definiert sind und keinerlei Abweichung akzeptieren, sind die Richtwerte für den Betrieb eines VOR/DVOR eher weich formuliert [10].

Schon in der Einleitung des Abschnittes „*VOR System Use Accuracy*“ (ICAO Annex 10, ATT C, 3.7) wird explizit darauf hingewiesen, dass es sich hier um sogenannten „*Guidance Material*“ handelt und nicht in Abhängigkeit mit z.B. der Hindernisfreiheit von Instrumentenflugverfahren (vgl. Kapitel 3) gebracht werden soll. Die hier beschriebenen Grenzwerte können vielmehr als Ausgangspunkt für eine Hindernisbetrachtung dienen, in die noch eine Vielzahl von weiteren Parametern einfließt. [9]

Auch das ICAO Doc 8071 „*Manual on Testing of Radio Navigation Aids*“, welches seitens der DFS im Rahmen der Bewertung von Störungen durch WEA oftmals zitiert wird, lässt eine Unsicherheit bei der Messung der ortsunabhängigen Referenzinformation (*Ground Station Contribution*, +/- 2°) zu.

Auf Basis der dargestellten Ausgangssituation der Definition der Grenzwerte für den Betrieb von VOR/DVOR stellt sich die Frage, inwieweit diese als harte Limits gesehen werden sollten – so wie es im Fall der Bewertung durch die DFS in Deutschland erfolgt. Es wäre vielmehr denkbar, eine entsprechende Bewertung im Rahmen einer *Aeronautical Study* einschließlich des tatsächlichen Risikos für den jeweiligen Flugbetrieb – z.B. in Abhängigkeit der tatsächlichen Nutzung – durchzuführen oder zumindest einen gewissen Spielraum hinsichtlich des akzeptablen Winkelfehlers zuzulassen.

Die DFS selbst akzeptiert bei der Validierung ihrer eigenen Bewertungsmethode eine Abweichung von  $\pm 0,6^\circ$  prognostizierten Winkelfehler gegenüber Ergebnissen anderer Bewertungsmethoden, die laut DFS „deutlich komplexer“ und „mathematisch exakt“ sind (aber seitens der DFS zur Bewertung selbst **NICHT** akzeptiert werden), mit dem Verweis auf die zugelassene Unsicherheit der Messung der ortsunabhängigen Referenzinformation im ICAO Doc 8071 [2][15]. Dies erscheint bei einem „Fehlerbudget“ von  $1^\circ$  für eben diese zusätzlichen Störungen durch WEA als recht hohe akzeptierte Ungenauigkeit der eigenen Bewertungsmethode – bedeutet dies im Umkehrschluss ja, dass bis zu 60% des vorhandenen Fehlerbudgets allein durch die Ungenauigkeit der eigenen Bewertungsmethode „verbraucht“ wird. In diesem Kontext erscheint das dann seitens der DFS oftmals genannte Geringfügigkeitskriterium von  $0,05^\circ$  für eine mögliche Überschreitung des akzeptierten Fehlerbudgets von  $1^\circ$  aus wissenschaftlicher Sicht als diskussionswürdig.

---

## Quellenverzeichnis

- [1] Der Deutsche Bundestag: Luftverkehrsgesetz, Stand 2017, §27c
- [2] DFS: Bewertungsmethodik der DFS zur VOR-Beeinflussung durch Windenergieanlagen, 4.03.2016
- [3] DFS: Luftfahrthandbuch (Aeronautical Information Publication AIP), Part Gen 1.5 “ Luftfahrzeuginstrumente, Ausrüstung und Flugunterlagen“
- [4] EUROCONTROL: IATA EUROCONTROL Avionic Survey, 2010
- [5] EUROCONTROL: IP2 – PBN data collection, November 2013
- [6] Europäische Union: Verordnung (EU) Nr. 2018/1048 „Festlegung von Anforderungen an die Luftraumnutzung und von Betriebsverfahren in Bezug auf die leistungsorientierte Navigation“, 18. Juli 2018
- [7] Europäische Union: Verordnung (EU) Nr. 2018/1139 „Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Zivilluffahrt und zur Errichtung einer Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit“, 4. Juli 2018
- [8] Europäische Union: Verordnung (EU) Nr. 716/2014 „Einrichtung des gemeinsamen Pilotvorhabens für die Unterstützung der Durchführung des europäischen Masterplans für das Flugverkehrsmanagement“, 27. Juni 2014.
- [9] ICAO: Annex 10, Aeronautical Telecommunications, Volume I Radio Navigation Aids, 2006
- [10] ICAO: Annex 11, Air Traffic Services, 2001
- [11] ICAO: Doc 8168 „PANS-OPS Volume II Construction of Visual and Instrument Flight Procedures“, 2006
- [12] ICAO: Doc 9750 “Global Air Navigation Plan”, Fifth Edition 2016
- [13] ICAO: EURODOC 015, Europäisches Anleitungsmaterial zum Umgang mit Anlagenschutzbereichen, Third Edition, 2015
- [14] ICAO: Doc 9859 „Safety Management Manual“ 3<sup>rd</sup> Edition, 2013
- [15] ICAO Doc 8071 “Manual on Testing of Radio Navigation Aids”, 4<sup>th</sup> Edition, 2000
- [16] Morlaas, C.; Fares, M.; Souny, B.: “Wind Turbine Effects on VOR System Performance“, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems Vol. 44, No. 4; Oktober 2008
- [17] Morlaas, C.; Chabory, A.; Souny, B.: “Propagation model for estimating VOR bearing error in the presence of windturbines – hybridation of parabolic equation with physical optics“, Conference: Antennas and Propagation (EuCAP), 2010

## Anhang A Prüfverfahren VOR/DVOR im internationalen Vergleich

- **Deutschland**
  - Verantwortliche Behörde für das Prüfverfahren:  
Bundesamt für Flugsicherung BAF
  - Betreiber der Anlage:  
Deutsche Flugsicherung GmbH DFS
  - EUR Doc 015 Schutzbereiche:  
Nein, konsequent 15 km für VOR und DVOR
  - Durchführende Institution der Fachtechnischen Analyse:  
Nur Deutsche Flugsicherung GmbH DFS
  - Prüfverfahren zur technischen Analyse einer möglichen Störung:  
Eigenentwicklung der DFS, nur validiert durch DFS
  - Erteilung der Baugenehmigung hinsichtlich der Belange der Luftfahrt:  
Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung
  
- **Vereinigten Staaten von Amerika**
  - Verantwortliche Behörde für das Prüfverfahren:  
Federal Aviation Authority FAA
  - Betreiber der Anlage:  
Federal Aviation Authority FAA
  - EUR Doc 015 Schutzbereiche:  
Nein, jedoch Bereiche mit ähnlicher Größe
  - Durchführende Institution der Fachtechnischen Analyse:  
Nur Federal Aviation Authority FAA
  - Prüfverfahren zur technischen Analyse einer möglichen Störung:  
Ohio University Navigation Aid Performance Prediction Model  
OUNPPM, international validiert
  - Erteilung der Baugenehmigung hinsichtlich der Belange der Luftfahrt:  
Federal Aviation Authority FAA
  
- **Australien**
  - Verantwortliche Behörde für das Prüfverfahren:  
Civil Aviation Safety Authority, CASA
  - Betreiber der Anlage:  
Airservices
  - EUR Doc 015 Schutzbereiche:  
Nein, Schutzbereich nur 1.500 m Radius
  - Durchführende Institution der Fachtechnischen Analyse:  
Airservices
  - Prüfverfahren zur technischen Analyse einer möglichen Störung:  
Ohio University Navigation Aid Performance Prediction Model  
OUNPPM, international validiert
  - Erteilung der Baugenehmigung hinsichtlich der Belange der Luftfahrt:  
Civil Aviation Safety Authority, CASA

- **Schweiz**
  - Verantwortliche Behörde für das Prüfverfahren:  
Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL
  - Betreiber der Anlage:  
Skyguide (Schweizer Flugsicherung)
  - EUR Doc 015 Schutzbereiche:  
Ja
  - Durchführende Institution der Fachtechnischen Analyse:  
Skyguide
  - Prüfverfahren zur technischen Analyse einer möglichen Störung:  
Ohio University Navigation Aid Performance Prediction Model  
OUNPPM, international validiert
  - Erteilung der Baugenehmigung hinsichtlich der Belange der Luftfahrt:  
Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL
  
- **Belgien**
  - Verantwortliche Behörde für das Prüfverfahren:  
Directoraat generaal luchtvaart (Belgische Luftfahrtbehörde)
  - Betreiber der Anlage:  
Skys (Belgische Flugsicherung)
  - EUR Doc 015 Schutzbereiche:  
Nein, Schutzbereich nur mit 7 km Radius einschließlich einer pauschal genehmigten Anzahl von WEA innerhalb des Radius
  - Durchführende Institution der Fachtechnischen Analyse:  
Skys oder privates Unternehmen mit entsprechender Expertise
  - Prüfverfahren zur technischen Analyse einer möglichen Störung:  
Ohio University Navigation Aid Performance Prediction Model  
OUNPPM, international validiert
  - Erteilung der Baugenehmigung hinsichtlich der Belange der Luftfahrt:  
Directoraat generaal luchtvaart (Belgische Luftfahrtbehörde)
  
- **Niederlande**
  - Verantwortliche Behörde für das Prüfverfahren:  
Inspectie Leefomgeving en Transport ILT (Niederländische Luftfahrtbehörde)
  - Betreiber der Anlage:  
LVNL (Niederländische Flugsicherung)
  - EUR Doc 015 Schutzbereiche:  
Ja
  - Durchführende Institution der Fachtechnischen Analyse:  
Nur LVNL
  - Prüfverfahren zur technischen Analyse einer möglichen Störung:  
Nicht bekannt
  - Erteilung der Baugenehmigung hinsichtlich der Belange der Luftfahrt:  
Inspectie Leefomgeving en Transport ILT

- **Dänemark**
  - Verantwortliche Behörde für das Prüfverfahren:  
Trafik, Bygge- og Boligstyrelsen (Dänische Luftfahrtbehörde)
  - Betreiber der Anlage:  
Naviar (Dänische Flugsicherung)
  - EUR Doc 015 Schutzbereiche:  
Ja
  - Durchführende Institution der Fachtechnischen Analyse:  
Naviar oder privates Unternehmen mit entsprechender Expertise
  - Prüfverfahren zur technischen Analyse einer möglichen Störung:  
Ohio University Navigation Aid Performance Prediction Model  
OUNPPM, international validiert
  - Erteilung der Baugenehmigung hinsichtlich der Belange der Luftfahrt:  
Trafik, Bygge- og Boligstyrelsen
  
- **Italien**
  - Verantwortliche Behörde für das Prüfverfahren:  
Ente Nazionale per l'Aviazione Civile ENAC  
(Italienische Luftfahrtbehörde)
  - Betreiber der Anlage:  
ENAV (Italienische Flugsicherung)
  - EUR Doc 015 Schutzbereiche:  
Ja
  - Durchführende Institution der Fachtechnischen Analyse:  
ENAV oder privates Unternehmen mit entsprechender Expertise
  - Prüfverfahren zur technischen Analyse einer möglichen Störung:  
Ohio University Navigation Aid Performance Prediction Model  
OUNPPM, international validiert
  - Erteilung der Baugenehmigung hinsichtlich der Belange der Luftfahrt:  
Ente Nazionale per l'Aviazione Civile ENAC
  
- **Spanien**
  - Verantwortliche Behörde für das Prüfverfahren:  
Agencia Estatal de Seguridad Aérea AESA  
(Spanische Luftfahrtbehörde)
  - Betreiber der Anlage:  
Enaire (Spanische Flugsicherung)
  - EUR Doc 015 Schutzbereiche:  
Schutzbereich nur mit 3 km Radius
  - Durchführende Institution der Fachtechnischen Analyse:  
Enaire oder privates Unternehmen mit entsprechender Expertise
  - Prüfverfahren zur technischen Analyse einer möglichen Störung:  
Ohio University Navigation Aid Performance Prediction Model  
OUNPPM, international validiert
  - Erteilung der Baugenehmigung hinsichtlich der Belange der Luftfahrt:  
Agencia Estatal de Seguridad Aérea AESA



- **Vereinigtes Königreich**

- Verantwortliche Behörde für das Prüfverfahren:  
National Air Traffic Service NATS (Britische Flugsicherung)
- Betreiber der Anlage:  
NATS
- EUR Doc 015 Schutzbereiche:  
Ja
- Durchführende Institution der Fachtechnischen Analyse:  
NATS oder privates Unternehmen mit entsprechender Expertise
- Prüfverfahren zur technischen Analyse einer möglichen Störung:  
Ohio University Navigation Aid Performance Prediction Model  
OUNPPM, international validiert
- Erteilung der Baugenehmigung hinsichtlich der Belange der Luftfahrt:  
NATS

- **Irland**

- Verantwortliche Behörde für das Prüfverfahren:  
Irish Aviation Authority IAA  
(Irische Luftfahrtbehörde und Flugsicherung)
- Betreiber der Anlage:  
IAA
- EUR Doc 015 Schutzbereiche:  
Ja
- Durchführende Institution der Fachtechnischen Analyse:  
IAA oder privates Unternehmen mit entsprechender Expertise
- Prüfverfahren zur technischen Analyse einer möglichen Störung:  
Ohio University Navigation Aid Performance Prediction Model  
OUNPPM, international validiert
- Erteilung der Baugenehmigung hinsichtlich der Belange der Luftfahrt:  
IAA