

**Flugsicherheitsanalyse
der Wechselwirkungen von Windenergieanlagen und
Funknavigationshilfen DVOR/VOR
der Deutschen Flugsicherung GmbH**

im Auftrag
Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft,
Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
Mercatorstr. 7
24106 Kiel

Verfasser:
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hüttig
Prof. Dr. iur. Elmar Giemulla
Prof. Dr.-Ing. Oliver Lehmann
RA Dr. jur. Heiko van Schyndel
Dipl.-Ing. Ferdinand Behrend
RA Peter Kortas, LL.M.

an der
Technische Universität Berlin
Institut für Luft- und Raumfahrt
Fachgebiet Flugführung und Luftverkehr
Marchstraße 12-14

Berlin, 1. Juni 2014

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	8
1 Zusammenfassung	11
2 Gutachterlicher Auftrag	16
3 Status-Quo Analyse	18
3.1 Windenergieanlagen	18
3.2 Funknavigationsanlagen	20
3.2.1 Very High Frequency Omni Directional Radio Range	20
3.2.2 Non Directional Beacon	24
3.2.3 Distance Measurement Equipment	26
3.3 Navigation in der Luftfahrt	26
3.3.1 Flugregeln	27
3.3.2 Klassische Navigation mit Hilfe konventioneller Funknavigationsanlagen	29
3.3.3 Moderne Hybridnavigation	31
3.3.4 Anforderungen RNAV-Systeme	34
3.3.5 Flugsicherungs-ausrüstungsverordnung	36
3.4 Flugverfahren	37
3.4.1 Standard Instrument Departure Route	38
3.4.2 Air Traffic Service Routes	40
3.4.3 Standard Terminal Arrival Route	41
3.4.4 Endanflug und Fehlanflug	45
3.5 Verfahrensplanung	48
3.6 Fehlerbudget DVOR/VOR	50
3.7 Bestehende Regelungen	54
3.7.1 ICAO-Recht: Internationale Vorgaben	54
3.7.2 Umsetzung internationaler Vorgaben in Deutschland	56
3.7.3 Genehmigungsverfahren zur Errichtung von Windenergieanlagen in Deutschland	64
3.8 Darstellung und Umsetzung in anderen Ländern	74
3.8.1 Dänemark	74
3.8.2 Vereinigtes Königreich	75
3.8.3 Schweiz	77
3.8.4 Schlussfolgerungen	77
4 Analyse der fachtechnischen Einzelfallprüfung	78
4.1 Darstellung von Mess- und Simulationsverfahren zur Ermittlung elektromagnetischer Störeinflüsse durch Objekte	78
4.1.1 Geltungsbereiche von Mess- und Simulationsverfahren	78
4.1.2 Verfahren nach Morlaas et al. 2008	79
4.1.3 Folgestudie Morlaas et al. 2009	80
4.2 Darstellung und Bewertung relevanter Entscheidungen/Gutachten	81
4.2.1 Urteil des VG Hannover vom 22.09.2011, 4 A 1052/10	81
4.2.2 Urteil des VG Schleswig vom 29.03.2012, 6 A 23/11	82

4.2.3	Urteil des VG Aachen vom 24.07.2013, 6 K 248/09	83
4.2.4	Maslaton-Gutachten vom 30.08.2013	85
4.2.5	Beschluss des VG Oldenburg vom 05.02.2014, 5 B 6430/13.....	87
4.2.6	Résumé	91
4.3	Darstellung und Bewertung der DFS Prognoseberechnung	91
4.3.1	Allgemeines	91
4.3.2	Herleitung des VOR-Fehlerbudgets aus den ICAO Quellen	91
4.3.3	Prognoseberechnung.....	92
4.3.4	Fazit und Empfehlung	93
5	Störeinflüsse von Windenergieanlagen	95
5.1	Tatsächlich gemessene Störungen im Vergleich zur DFS-Prognoseberechnung	95
5.1.1	Allgemeines	95
5.1.2	Vergleich mit ICAO EUR Doc 015.....	95
5.1.3	Vergleich mit auffälligen Flugvermessungen und NAVCOM-Studie „VOR/DME Allersberg“	96
5.1.4	Vergleich mit wissenschaftlicher Studie der ENAC.....	97
5.2	Messkampagne Flight Calibration Service „DVOR“ 2014	97
5.2.1	Geltungsbereich.....	97
5.2.2	Fragestellung	98
5.2.3	Messtechnische Besonderheiten	98
5.2.4	Definition der Messszenarien	98
5.2.5	Datenanalyse.....	99
5.2.6	Einordnung anderer Studien	99
5.2.7	Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	99
5.2.8	Kritische Würdigung.....	100
6	Operative Flugsicherheitsanalyse	101
6.1	DVOR Michaelsdorf MIC.....	101
6.1.1	Flugverfahren und Funklandschaft.....	101
6.1.2	Betriebliche Nutzung DVOR MIC	104
6.1.3	Worst-Case Szenario konventionelle Funknavigation.....	104
6.1.4	Schlussfolgerungen	110
6.2	DVOR Lübeck LUB.....	113
6.2.1	Flugverfahren und Funklandschaft.....	113
6.2.2	Betriebliche Nutzung DVOR LUB.....	116
6.2.3	Worst-Case Szenario konventionelle Funknavigation.....	117
6.2.4	Schlussfolgerungen	118
7	Alternative Lösungen	120
7.1	Optimierung Navigations-Infrastruktur.....	120
7.2	Versetzung.....	124
7.3	RNAV/RNP	125
7.4	Rechtliche Veränderungen.....	126
8	Erkenntnisse	127
8.1	Allgemein.....	127
8.2	DVOR Michaelsdorf / DVOR Lübeck.....	128

8.3	Rechtlich.....	128
	Quellenverzeichnis.....	131
	Anhang A Raumplanerische Fragen.....	1
	Anhang B Zusammenfassung Gutachten Dr. Bredemeyer (2014).....	1

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Vergleich Starkwindanlage - Schwachwindanlage [Quelle: [1]].....	18
Abbildung 3-2:	3.025 Kilowatt Windenergieanlage mit Nabenhöhe bis zu 150m [Quelle: Enercon]	19
Abbildung 3-3:	Frequenzspektrum des VOR-Signals [28]	21
Abbildung 3-4:	Oben: Frequenzmodulation des Subträgers; Unten: Sendesignal mit HF-Träger [28]	21
Abbildung 3-5:	Prinzip einer VOR-Empfangsanlage [28].....	22
Abbildung 3-6:	Klassischer <i>Horizontal Situation Indicator</i> (HSI)	23
Abbildung 3-7:	Primary Flight Display (links) und Navigation Display (rechts) eines Airbus A380 [eigenes Foto].....	23
Abbildung 3-8:	Abb. 6.13. Antennenanlage eines DVOR	24
Abbildung 3-9:	ADF Empfangsdiagramm	25
Abbildung 3-10:	Funktionsprinzip DME [eigene Darstellung].....	26
Abbildung 3-11:	Luftraumstruktur Deutschland [Quelle: DFS]	28
Abbildung 3-12:	Klassische Routenführung [eigene Darstellung]	30
Abbildung 3-13:	Positionsbestimmung mit VOR/DME und DME/DME [Quelle: EUROCONTROL]	31
Abbildung 3-14:	Inertial Reference System [Quelle: EUROCONTROL]	32
Abbildung 3-15:	ARINC Navaid Limitation Code [Quelle: [4]]	34
Abbildung 3-16:	Bedien- und Anzeigegerät eines Honeywell FMS [Quelle: [41]].....	34
Abbildung 3-17:	Zusammensetzung <i>Total System Error</i> [Quelle: EUROCONTROL]	35
Abbildung 3-18:	P-RNAV Arrival in Paris Charles-de-Gaulle [Quelle: Jeppesen].....	36
Abbildung 3-19:	Abflugsektor Frankfurt/Main bei West-Traffic [Quelle: [18]].....	38
Abbildung 3-20:	Abflugroute Hamburg LBE 1D [Quelle: Jeppesen]	39
Abbildung 3-21:	RNAV Overlay SID LBE 1D in Hamburg [Quelle: Jeppesen]	40
Abbildung 3-22:	Vergleich konventionelle und RNAV Streckenführung [Quelle: [35]]	41
Abbildung 3-23:	Anflugkarte Flughafen Frankfurt/Main [Quelle: Jeppesen]	43
Abbildung 3-24:	Anflugsektor Flughafen Frankfurt/Main bei West-Traffic [Quelle: [18]]	44
Abbildung 3-25:	ROLIS RNAV-Transition Flughafen Frankfurt/Main West Traffic [Quelle: Jeppesen]	45
Abbildung 3-26:	VOR/DME Approach am Flughafen Frankfurt/Main [Quelle: Jeppesen]	46
Abbildung 3-27:	Glideslope Antenne.....	47
Abbildung 3-28:	Localizer Antenne	47
Abbildung 3-29:	ILS Anflug mit Fehlanflugverfahren Flughafen Frankfurt/Main [Quelle: Jeppesen]	48
Abbildung 3-30:	<i>Fix Tolerance Areas</i> VOR [Quelle:[56]]	49
Abbildung 3-31:	Zusammensetzung <i>VOR System Accuracy</i> [Quelle: [10]].....	52
Abbildung 3-32:	Profil des Anlagenschutzbereichs für ungerichtete Anlagen (dreidimensionale Darstellung), Abbildung 2.1 im ICAO EUR Doc 015	60
Abbildung 3-33:	Profil des Anlagenschutzbereichs für ungerichtete Anlagen (Seitenansicht), Abbildung 2.2 im ICAO EUR Doc 015.....	60
Abbildung 3-34:	Ablaufdiagramm [ICAO EUR Doc 015 Nr. 4.4]	62

Abbildung 3-35:	Verfahren nach § 18a LuftVG [Quelle: DFS].....	71
Abbildung 3-36:	Standardmäßiger VOR-Schutzbereich nach CAP 670 [Quelle [7]]	76
Abbildung 6-1:	Abdeckung von DVOR/VOR im 60 NM/75 NM Radius [eigene Anfertigung]	103
Abbildung 6-2:	RAMA 4J Abflugroute Flughafen Lübeck [Quelle: Jeppesen]	106
Abbildung 6-3:	Abflugroute RAMAR 4J Flughafen Lübeck RNAV-Overlay [Quelle: Jeppesen]	107
Abbildung 6-4:	Abstand <i>Waypoint</i> RAMAR zum DVOR MIC [Quelle: Jeppesen].....	109
Abbildung 6-5:	NUSTA 6M Anflugroute Flughafen Kiel [Quelle: Jeppesen].....	110
Abbildung 6-6:	Abdeckung von DVOR/VOR im 60 NM/75 NM Radius [eigene Anfertigung]	115
Abbildung 6-7:	Flughafen Lübeck EDHL [Quelle: [39]]	117
Abbildung 6-8:	Standard-ILS Anflug Landebahn 07 EDHL [Quelle: Jeppesen]	118
Abbildung 7-1:	NDB/DME Anflug Flughafen EDBM [Quelle: AIP 10. Juni 2004].....	123
Abbildung 7-2:	GPS-Anflug Flughafen EDBM [Quelle: Jeppesen, Stand 30. November 2012].....	124
Abbildung 7-3:	Drei Bestandteile des PBN-Concepts [Quelle: EUROCONTRO]	126

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Anforderungen bezüglich Winkelfehler DVOR/VOR [Quelle: [56]]	49
Tabelle 3-2:	Fehleranteile für Gesamtwinkelfehler <i>System Use Accuracy</i> DVOR/VOR [Quelle: [56]].....	51
Tabelle 3-3:	Anlagenfehler nach ICAO Annex 10 [Quelle: [53]].....	51
Tabelle 3-4:	Auszug aus der Tabelle 1 aus dem Anhang 1 (eigene Darstellung)	61
Tabelle 3-5:	Vereinfachte Darstellung der Baubeschränkungen nach §§ 12, 14 LuftVG [eigene Anfertigung]	65
Tabelle 3-6:	Anforderungen bezüglich Genauigkeit von VOR [Quelle: [7]]	77
Tabelle 5-1:	DFS: Zusammenfassung Vergleich DFS-Prognose mit NAVCOM-Studie „VOR/DME Allersberg [11]	96
Tabelle 5-2:	DFS: Zusammenfassung Vergleich DFS-Prognose mit wissenschaftlicher Studie der ENAC[6][11].....	97
Tabelle 7-1:	Anzahl Funknavigationsanlagen europäischer Länder [eigene Anfertigung]	121

Abkürzungsverzeichnis

ADF	Automatic Direction Finder
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
AIP	Aeronautical Information Publication
ANSP	Aeronautical Service Provider
ASR	Airport Surveillance Radar
ATIS	Automatic Terminal Information Service
ATS	Air Traffic Service
BAF	Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung
BauGB	Baugesetzbuch
BAZL	Bundesamt für Zivilluftfahrt (Schweiz)
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (ehemals Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung - BMVBS)
B-RNAV	Basic Area Navigation
BSB	Bauschutzbereich
BWE	Bundesverband für Windenergie
CA	Abkommen von Chicago
CAA	Civil Aviation Authority (zivile Luftfahrtbehörde)
CAP	Civil Aviation Publication
CDI	Course Deviation Indicator
CS-FSTD	Certification Specifications for Aeroplane Flight Simulation Training Devices
CVOR	Konventionelles VOR
DFS	DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
DME	Distance Measurement Equipment
DVOR	Doppler VOR
DWD	Deutscher Wetterdienst
EASA	European Aviation Safety Agency
EU	Europäische Union
FAF	Final Approach Fix
FL	Flight Level
FMS	Flight Management System
FSAV	Flugsicherungs-ausrüstungsverordnung
ft	Feet
FTE	Flight Technical Error
GA	General Aviation
GG	Grundgesetz

GNSS.....	Global Navigation Satellite System
GP.....	Glide Path
GPS.....	Global Positioning System
GS.....	Glideslope
HF.....	Hochfrequenz
hPa.....	Hektopascal
HSD.....	Horizontal Situation Display
HSI.....	Horizontal Situation Indicator
HZ.....	Hertz
IAF.....	Initial Approach Fix
ICAO.....	International Civil Aviation Organization
IFR.....	Instrument Flight Rules
ILS.....	Instrument Landing System
IMC.....	Instrument Meteorological Conditions
INS.....	Inertial Reference System
LBA.....	Luftfahrt Bundesamt
LFZ.....	Luftfahrzeug
LLZ.....	Localizer
LUB.....	DVOR Lübeck
LuftPersV.....	Verordnung über Luftfahrtpersonal
LuftVG.....	Luftverkehrsgesetz
LuftVO.....	Luftverkehrs-Verordnung
LuftVZO.....	Luftverkehrs-Zulassungsordnung
m.....	Meter
MHz.....	Megahertz
MIC.....	DVOR Michaelsdorf
MRVA.....	Minimum Radar Vectoring Altitude
MSL.....	Mean Sea Level
MW.....	Megawatt
NDB.....	Non Directional Beacon
NF.....	Niederfrequenz
NM.....	Nautical Mile
NPA.....	Non Precision Approach
NSE.....	Navigation System Error
OBS.....	Omni Bearing Selector
PA.....	Precision Approach
PANS.....	Procedures for Air Navigation Services
PANS-ATM.....	Procedures for Air Navigation Services - Air Traffic Management (ICAO Doc 4444)

PANS-OPS.....	Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations (ICAO Doc 8168)
PBN.....	Performance Based Navigation
PDE.....	Path Definition Error
PPS.....	Precise Positioning Service
P-RNAV	Precision Area Navigation
RMI	Radio Magnetic Indicator
RNAV	Area Navigation
RNP	Required Navigation Performance
SARPs	Standards and Recommended Practices
SID.....	Standard Instrument Departure Route
SPS.....	Standard Positioning Service
STAR	Standard terminal Arrival Route
TSE	Total System Error
UKW.....	Ultrakurzwelle
VFR.....	Visual Flight Rules
VIL	Verordnung über die Infrastruktur in der Luftfahrt
VMC.....	Visual Meteorological Conditions
VOR.....	Very High Frequency Omnidirectional Radio Range
VwGO	Verwaltungsgerichtsordnung
VwVfG.....	Verwaltungsverfahrensgesetz
WEA.....	Windenergieanlage

1 Zusammenfassung

Ziel dieses Gutachtens ist zu klären, ob Störungen (Winkelfehler) der Funktionalität von UKW-Drehfunkfeuern – möglicherweise hervorgerufen durch Windenergieanlagen in der Nähe der Funknavigationsanlage – Einfluss auf den operativen Betrieb der Luftfahrt haben. Ferner soll der luftrechtliche Rahmen für die Genehmigung der Errichtung von Windenergieanlagen dargestellt und bewertet werden.

Die derzeitige Praxis sieht vor, bei einer Anfrage für eine Baugenehmigung von Windenergieanlagen eine Prüfung vorzunehmen, ob es zu einer Beeinflussung der Winkelgenauigkeit der UKW-Drehfunkfeuer kommt. Das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung beauftragt hierzu die Deutsche Flugsicherung GmbH, die mit Hilfe eines Simulationsverfahrens ein entsprechendes Gutachten erstellt. Zeigt das Ergebnis des Gutachtens einen prognostizierten Anstieg über auf Basis internationaler Regularien (u.a. ICAO Annex 10, Annex 11) intern festgelegter Grenzwerte, so wird die Baugenehmigung nicht erteilt.

Hintergrund dieses Verfahrens sind luftrechtliche Bestimmungen des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG). Die §§ 12, 14 und 18a LuftVG befassen sich mit dem Konflikt zwischen Bauinteressen und den Interessen an der Durchführung einer sicheren Luftfahrt bzw. einer Luftfahrt, die den gesetzlichen Anforderungen entspricht. Die §§ 12 und 14 LuftVG haben einen geografischen Bezug, indem sie zum einen den Flughafenbereich (Bauschutzbereich) und zum anderen das Gebiet außerhalb dessen von Bauwerken freihalten wollen, die einen sicheren Ablauf der Luftfahrt gefährden. Dies können, müssen aber nicht ausschließlich, die Interessen an der funktionsgerechten Durchführung der Flugsicherung sein. Aus diesem Grund wird die Formulierung dieser Interessen (einschließlich der Flugsicherungsaspekte) über die Landesluftfahrtbehörde gebündelt, die sich hinsichtlich der letztgenannten Aspekte die sachverständige Einschätzung der Flugsicherungsorganisation einholt. Diese sowie alle anderen luftfahrtbezogenen Interessen lässt sie sodann in die erforderliche Zustimmung einfließen. Die Genehmigungsbehörde trifft anschließend eine Ermessenentscheidung, die auch die Eigentumsinteressen des Antragstellers berücksichtigt. Selbst wenn das Ermessen der Genehmigungsbehörde hierbei auf Null reduziert ist, wird hierdurch die gerichtliche Nachprüfbarkeit dieses mehrstufigen Verwaltungsakts ermöglicht. Die Rechtmäßigkeit der Verweigerung der (verwaltungsinternen) Zustimmung wird dann inzidenter im Rahmen der Klage auf Erteilung der Baugenehmigung geprüft.

§ 18a LuftVG unterscheidet sich in Konstruktion und Folgen in verschiedener Hinsicht von den §§ 12 und 14, ist aber in sich durchaus schlüssig konstruiert. Die Vorschrift hat keinen geografischen Bezug. Es geht also weder um die Frage einer örtlichen Begrenzung oder einer Höhenbegrenzung einerseits, noch um allgemein luftfahrtbezogene Interessen andererseits. Vielmehr hat § 18a LuftVG ausschließlich flugsicherungstechnische Aspekte im Blick. Letztere werden hier - als Einzelinteressen - nicht mit anderen Interessen gebündelt, so dass eine Einbindung der Landesluftfahrtbehörde nicht nötig ist. Das Gesetz stellt deshalb allein auf das BAF ab, und zwar in einer sehr apodiktischen Weise. Es steigert den Einfluss der Luftfahrtinteressen im Vergleich zu den §§ 12 und 14 LuftVG in der Weise, dass das BAF nicht lediglich (verwaltungsintern) zustimmen muss, sondern sogar eine eigene (außenwirkende) Entscheidung trifft. Dies hat zur Folge, dass dieser konstitutiv-feststellende Verwaltungsakt nicht in eine weitere

Entscheidung der Baubehörde einfließt, sondern dass mit ihr per gesetzlicher Anordnung das betreffende Bauvorhaben verboten ist. Die Genehmigungsbehörde weist den Bauantrag dann unter Hinweis auf das bestehende Bauverbot zurück, trifft also keine weitere (eigene) Regelung mehr.

§ 18a LuftVG wertet die Maßnahme des BAF im Vergleich zu der (mitwirkenden) Maßnahme der Landesluftfahrtbehörde in den §§ 12 und 14 LuftVG also in der Weise auf, dass das BAF die ausschließliche Herrin über die Frage ist, ob Flugsicherungseinrichtungen gestört werden können. Das Gesetz geht mithin davon aus, dass der größtmögliche Sachverstand hinsichtlich dieser Frage dort institutionalisiert angesiedelt ist. Dies hat Auswirkungen auf den Umfang der gerichtlichen Überprüfbarkeit dieser Frage. Selbst wenn es andere Möglichkeiten gibt, die konkrete Fachfrage zu beurteilen, ist das kein Grund, die Entscheidung des BAF hierdurch zu ersetzen. Dies kann allerdings nicht bedeuten, dass der Antragsteller einer Fachentscheidung des BAF hilflos "ausgeliefert" wäre. Seine Eigentumsinteressen können nicht gänzlich unberücksichtigt bleiben. Da sie nach der Konstruktion des § 18a LuftVG nicht von der Genehmigungsbehörde wahrgenommen werden, liegt die Verantwortung ihrer Berücksichtigung beim BAF. Deshalb muss die Entscheidung des BAF einer Verhältnismäßigkeitsüberprüfung standhalten, in deren Rahmen die Eigentümerinteressen mit zu berücksichtigen sind. Dies gilt insbesondere hinsichtlich des Aspekts der Erforderlichkeit. Wenn beispielsweise dargelegt werden kann, dass es nach dem neuesten Stand der Technik eine Möglichkeit gibt, die die Störungsfreiheit der betroffenen Flugsicherungseinrichtung ebenso gewährleistet, die Interessen des Antragstellers aber weniger intensiv beeinträchtigt, dann muss die Entscheidung aufgehoben werden können. Anders als bei einem mehrstufigen Verwaltungsakt ist die Klage allerdings nicht gegen den (ablehnenden) Verwaltungsakt der Baubehörde zu richten, in dessen Verlauf die Entscheidung des BAF inzidenter überprüft würde, sondern unmittelbar gegen die Entscheidung des BAF.

Was die inhaltlichen Parameter der Störungsfreiheit von Flugsicherungseinrichtungen anlangt, so ist nicht nur auf eine Gefährdung von Leib oder Leben abzustellen, sondern darauf, wie der Gesetzgeber die Funktion der Flugsicherung selbst definiert. Hier ist auf § 27c Abs. 1 LuftVG zu verweisen, der als erstes zwar auch die Sicherheit betont, aber auch andere Aspekte wie die Flüssigkeit des Luftverkehrs nennt. Auch wenn eine Flugsicherungseinrichtung insofern gestört werden kann, ist dies in der Abwägung mit dem Eigentumsinteresse des Antragstellers zu berücksichtigen und kann somit eine ablehnende Entscheidung des BAF rechtfertigen.

Hiermit ist eine kategorische Orientierung an Vorgaben in ICAO-Dokumenten nicht zu vereinbaren, selbst wenn diesen – aufgrund einer Umsetzung in das nationale Recht – eine verbindliche Wirkung zukäme. Als sachverständige Aussage mögen sie zwar beachtlich sein, können wegen ihrer pauschalen Festlegung auf einen 15-km-Radius nur als grundsätzliche Linie verstanden werden, jenseits derer eine Funktionsbeeinträchtigung von Flugsicherungsanlagen in keinem Fall vorkommen kann. Dies bedeutet gleichzeitig, dass ein Umkehrschluss der Art, dass diesseits dieser Linie in jedem Fall von einer möglichen Störung solcher Einrichtungen ausgegangen werden muss, ist dagegen nicht erlaubt, da eine solche Betrachtung zu ungerechtfertigten Beeinträchtigungen des Eigentumsrechts im Einzelfall führen könnte. Vor dem Hintergrund des

Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes muss das BAF deshalb dartun, dass in der konkreten Situation weniger einschneidende Alternativen auszuschneiden haben.

Mit der dem BAF vom Gesetzgeber in § 18a LuftVG ausschließlich zugewiesenen Entscheidungsverantwortung wäre es im Übrigen nicht vereinbar, wenn diese Entscheidung von der Konzentrationswirkung des § 13 BImSchG erfasst wäre. Obwohl § 18a LuftVG in § 13 BImSchG nicht als Ausnahme genannt ist, wird die Entscheidung des BAF nach Auffassung der Gutachter bereits nach derzeitiger Rechtslage nicht von der Konzentrationswirkung des § 13 BImSchG erfasst, da diese Vorschrift nur behördliche Entscheidungen und nicht gesetzliche Verbote in die Konzentrationswirkung einbezieht. Die Entscheidung des BAF als solche stellt aber kein Bauverbot dar, sondern nur eine verbindliche Feststellung über die mögliche Störung einer Flugsicherungseinrichtung. Die maßgebliche Rechtsfolge des Bauverbots wird aber erst vom Gesetz angeordnet (§ 18a Abs. 1 Satz 1 LuftVG).

UKW-Drehfunkfeuer gehören zu den konventionellen Funknavigationshilfen und werden zur Definition von konventionellen Instrumentenflugverfahren verwendet (Anflug, Abflug, Strecke). Außerdem können sie als Sensor in der Kombination mit Entfernungsmessgeräten (DME) für die Aktualisierung der Luftfahrzeugposition in der Flächennavigation verwendet werden. Dabei bestimmt ein Navigationscomputer im Luftfahrzeug durch die automatische Auswahl an vorhandenen Sensoren (Sattelitennavigation, bodenautonome Trägheitsnavigation, konventionelle Funknavigation) permanent die eigene Position und ermöglicht somit eine frei definierbare Streckenführung durch die Verwendung von allein durch *Latitude* und *Longitude* definierten Wegpunkten.

Das Gutachten hat gezeigt, dass grundsätzlich durch das Errichten von Windenergieanlagen und einer daraus resultierenden – derzeit nicht eindeutig nachweisbaren – Beeinträchtigung der Winkelgenauigkeit des betroffenen UKW-Drehfunkfeuers keine akute Gefahr (z. B. Absturz) für ein Luftfahrzeug besteht. Aufgrund des Rückgangs der Verwendung von konventionellen Funknavigationen und der Einführung von Flächennavigationsverfahren ist die Bedeutung von UKW-Drehfunkfeuern für den operativen Betrieb der Luftfahrt abnehmend. Aktuelle Studien der EUROCONTROL haben gezeigt, dass in Europa derzeit ca. 96% aller durchgeführten IFR-Flüge in der Lage sind, Flächennavigationsverfahren zumindest auf der Strecke zwischen dem Ab- und Anflug zu verwenden und ca. 87% mit GNSS ausgerüstet waren. Außerdem besteht für den Instrumentenflugverkehr in Deutschland eine vollständige Radarüberwachung, so dass eine Abweichung vom Soll-Flugweg durch den verantwortlichen Fluglotsen korrigiert werden kann.

In Deutschland gibt es mittlerweile im Streckenflugbereich (*Enroute*) keine konventionellen Flugrouten mehr, alle Luftfahrtstraßen sind allein durch Wegpunkte bestimmt. Um die Navigation entlang dieser Wegpunkte sicher zu gewährleisten, wird nur noch ein reduziertes Netz an UKW-Drehfunkfeuern mit entsprechender Abdeckung benötigt. Die Gutachter empfehlen allgemein, das bestehende Netz an UKW-Drehfunkfeuern hinsichtlich ihrer operativen Verwendung zu prüfen und die Anzahl darauf basierend zu optimieren. Durch Veränderungen in der Verfahrensplanung könnten bestimmte UKW-Drehfunkfeuer von konventionellen Funkverfahren ausgeschlossen werden, so dass ihr Betrieb gegebenenfalls nicht mehr benötigt wird und sie abgebaut werden können.

Im An- und Abflugbereich an internationalen Verkehrsflughäfen besteht noch eine große Anzahl an konventionellen Funknavigationsverfahren, die für Luftfahrzeuge vorgehalten werden, die nicht mit Flächennavigationssystemen ausgerüstet sind. An internationalen Verkehrsflughäfen ist die DFS verpflichtet, entsprechende Flugsicherungsdienste zu erbringen und Navigationsverfahren für alle Luftraumnutzer vorzuhalten. Zwar ist nach dem aktuellen Stand der Technik die Bedeutung eines UKW-Drehfunkfeuers nur als gering einzustufen. Allerdings existieren derzeit auf Grund der Schwierigkeit, internationale Standards bezüglich Navigationsleistung weltweit zu etablieren, immer noch Luftfahrzeuge auch im deutschen Luftraum, die auf sie angewiesen sind. Außerdem dienen UKW-Drehfunkfeuer als Fall-Back Lösung bei Ausfall von entsprechenden Systemkomponenten der Flächennavigation (z. B. GPS) und werden für das Training von konventionellen IFR-Flugverfahren verwendet. Ein völliger Verzicht auf UKW-Drehfunkfeuer ist derzeit auch langfristig nicht denkbar.

An kleinen Regionalflughäfen ist eine Reduzierung oder ein vollständiger Verzicht auf konventionelle Navigationsinfrastruktur möglich, da die Deutsche Flugsicherung GmbH hier nicht für die Erbringung der Flugsicherungsdienste verantwortlich ist. Beispiele in der Vergangenheit, wie der Regionalflughafen Magdeburg, haben gezeigt, dass solch eine Umstellung durchaus durchführbar ist. Die Entscheidung obliegt nur den jeweiligen Flughafenbetreibern, ob eine Umstellung auf reine GPS-Verfahren mit Hilfe der Verfahrensplanung der Deutschen Flugsicherung GmbH erfolgen soll. Dies kann jedoch in Abhängigkeit des Ausrüstungsstands der betroffenen Luftfahrzeuge zu einem Ausschluss der Nutzung des Flughafens führen. Diese Entscheidung sollte nur nach einer Analyse und in Absprache der jeweiligen Nutzer des Flughafens und einer wirtschaftlichen Abschätzung der möglichen Einsparung durch den Wegfall der Betriebs- und Wartungskosten der Funknavigationsanlage erfolgen. Fällt diese positiv aus, so kann ein Regionalflughafen eigenständig entscheiden, ob er auf das Vorhalten von konventionellen Funknavigationsverfahren verzichtet, diese vollständig durch GPS-Verfahren ersetzt und entsprechende Funknavigationsanlagen am Platz abbaut.

Die andere diskutierte Option aus operativer Sicht wäre die Vergrößerung des sogenannten Fehlerbudgets für den maximal zulässigen Winkelfehler eines UKW-Drehfunkfeuers. Das Fehlerbudget wird auf Basis der entsprechenden internationalen Regularien (ICAO Annex 10, 11) durch die DFS für alle UKW-Drehfunkfeuer in Deutschland einheitlich festgelegt. Bei der Berechnung des zu erwartenden Anstiegs des Winkelfehlers durch die Errichtung von Windenergieanlagen überprüft die DFS, ob dieses Budget überschritten wird.

Die Verfahrensplanung der DFS ist zuständig für die Erstellung der IFR-Navigationsverfahren in Deutschland. Sie muss sich dabei nach internationalen Vorgaben richten – vor allem ICAO Doc. 8186 PANS-OPS – und hat als oberstes Ziel, den sicheren und effizienten Ablauf des Luftverkehrs zu gewährleisten. Eine der Hauptaufgaben ist die Berechnung der benötigten Hindernisfreiflächen zur Gewährleistung der Hindernisfreiheit der Luftfahrzeuge. Diese Flächen werden in Abhängigkeit der Genauigkeit der verwendeten Navigationseinrichtungen bestimmt. Der Verfahrensplaner arbeitet dabei mit festgelegten Werten des maximalen Winkelfehlers der jeweiligen Funknavigationsanlagen, die seitens der Technik sichergestellt werden müssen. Nur so kann er garantieren, dass die Schutzräume zur Gewährleistung der Hindernisfreiheit der Luftfahrzeuge gerade im An- und Abflugbereich immer eingehalten werden können.

Aus operativer Sicht ist in Einzelfällen theoretisch denkbar, das Fehlerbudget zu erhöhen. Aus Sicht der Gutachter ist dies in der praktischen Umsetzung allerdings nicht durchführbar. Für einige konventionelle Funknavigationsverfahren könnte auf Grund der relativen Lage des Funkfeuers bezüglich der Streckenführung ein größerer Fehler akzeptiert werden – je mehr Verfahren das Funkfeuer nutzen, umso komplexer würde allerdings die Bestimmung des maximal tolerierbaren Fehlers.

Die gleichen Anforderungen bezüglich Winkelgenauigkeit fordert die Verfahrensplanung bei der Erstellung von Flächennavigationsverfahren. Allerdings ist dem Verfahrensplaner nicht bekannt, welche Sensorkombination das Navigationssystem aktuell jeweils zur Positionsbestimmung beim Abfliegen eines Flächennavigationsverfahrens verwendet. Eine individuelle Bestimmung des maximalen Winkelfehlers auf Grund von entsprechenden geometrischen Zusammenhängen zwischen aktueller Luftfahrzeugposition und UKW-Drehfunkfeuer ist folglich bei der derzeit bestehende Zulassung als Sensorkombination in der Flächennavigation aus Sicht der Verfahrensplanung ausgeschlossen.

Die Vorgaben für die Bewertung der Fehlertoleranzen sind ICAO-Vorschriften zu entnehmen. Sofern die Vorgaben der ICAO nicht als rechtsverbindlich betrachtet werden (was bereits für die ICAO-Annexe strittig ist), sind sie aufgrund der Art ihrer Entstehung, nämlich dem Mitwirken ausgewiesener Fachleute und -gremien, als fachliche Standards von der Luftfahrtverwaltung wie auch der Rechtsprechung zu beachten.

Für die Bestimmung des zu erwartenden Winkelfehlers durch Windenergieanlagen wird eine verlässliche Simulations- und Berechnungsmethode benötigt. Aktuell durchgeführte Messungen im Rahmen eines weiteren Gutachtens haben gezeigt, dass die derzeit verwendeten Berechnungsmethoden der DFS und weiterer Gutachter, welche im Ergebnis schon alle unterschiedliche Werte zeigen, nicht der Realität entsprechen.

Für das im Speziellen untersuchte Doppler-UKW-Drehfunkfeuer Michaelsdorf empfehlen die Gutachter eine Optimierung der Navigationsinfrastruktur. Das Doppler-UKW-Drehfunkfeuer ist nur in einige wenige konventionelle Funknavigationsverfahren eingebunden. Durch entsprechende Veränderung der Verfahren (Definition über andere Funkfeuer) könnte Michaelsdorf von konventionellen Funknavigationsverfahren isoliert werden. Eine ausreichende Abdeckung durch umliegende UKW-Drehfunkfeuer für die Verwendung in Flächennavigationsverfahren würde so eine Einsparung der Anlage ermöglichen. Die Gutachter empfehlen deshalb hier einen Verzicht auf das Doppler-UKW-Drehfunkfeuers Michaelsdorf.

Das Doppler-UKW-Drehfunkfeuer Lübeck bietet dagegen aus operativer Sicht keine Möglichkeit hinsichtlich Optimierung und Rationalisierung. Das Funkfeuer ist zum einen in sehr viele konventionelle Funknavigationsverfahren eingebunden – z.B. am internationalen Verkehrsflughafen Hamburg – zum anderen wird es zusätzlich zum Training von IFR-Navigationsverfahren intensiv durch in der Umgebung ansässige Flugschulen genutzt.

2 Gutachterlicher Auftrag

Im Zuge der Aufstellungsverfahren zur Ausweisung geeigneter Gebiete und Flächen zur Errichtung von Windenergieanlagen in der Bundesrepublik Deutschland ist das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) und die Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) – sofern erforderlich – zu beteiligen. Nach § 18a Abs. 1 LuftVG dürfen Bauwerke nicht errichtet werden, wenn dadurch Flugsicherungseinrichtungen gestört werden. Auf Grundlage entsprechender Gutachten der DFS hat das BAF zu entscheiden, ob eine Beeinträchtigung von Flugsicherungseinrichtungen durch die Errichtung von Windenergieanlagen vorliegt und eine Baugenehmigung seitens der BAF erteilt werden kann. Innerhalb der Gutachten der DFS erfolgt auf Basis nationaler (LuftVO) und internationaler Richtlinien (ICAO Annex 10, PANS-OPS, EUR Doc 015) eine fachtechnische Prüfung der Einhaltung der Anlagetoleranzen innerhalb eines bestimmten Umkreises um die Flugsicherungsanlagen. Dabei wird der Einfluss der Windenergieanlagen auf die Präzision der Flugsicherungsanlagen für die Verwendung in der Navigation der betroffenen Luftfahrzeuge überprüft. Sofern festgestellt wird, dass Flugsicherungsanlagen in ihrem betroffenen Radialbereich derart gestört werden, dass entsprechende Anlagetoleranzen nicht mehr eingehalten werden und eine Nutzungseinschränkung besteht, spricht das BAF ein entsprechendes Bauverbot aus.

Im Aufstellungsverfahren der im Dezember 2012 rechtskräftig gewordenen Teilfortschreibung der Regionalpläne zur Ausweisung von Windenergienutzung in Schleswig-Holstein erfolgte eine entsprechende Beteiligung und Bewertung durch das BAF und der DFS. In Schleswig-Holstein befinden sich unter anderem zwei Doppler-UKW-Drehfunkfeuer-Anlagen (DVOR) und zwei UKW-Drehfunkfeuer-Anlagen (VOR), die von der DFS als Navigationseinrichtungen für die zivile Luftfahrt betrieben werden. Aufgrund von Gutachten der DFS hat das BAF eine Beeinträchtigung der Flugsicherungsanlagen innerhalb eines Bereichs mit einem Radius von 15 km um die entsprechenden Navigationseinrichtungen angenommen. Der jeweilige Bereich wurde zum Anlagenschutzbereich erklärt (ICAO EUR Doc 015). Darauf basierend wurde in vielen Fällen die Zustimmung durch das BAF zur Errichtung von Windenergieanlagen (WEA) innerhalb der Anlagenschutzbereiche versagt und es kommt zu konkreten Einschränkungen im Rahmen der Genehmigungsverfahren für WEA.

Bei den Standorten der Flugnavigationsanlagen erfolgte bis 2009 eine Prüfung, ob eine Störung innerhalb eines Radius von 3 km um den Anlagenstandort festzustellen ist; dieser Radius wurde seit 2009 auf 15 km erhöht und folgt damit der 2009 aktualisierten zweiten Ausgabe des ICAO EUR Doc 015.

Die Belange der Flugsicherung sind auch von besonderer und prioritärer Bedeutung. Die international abgestimmten Standards, die als Maßstab für die Verkehrssicherheit im Luftraum angewendet werden, müssen daher in alle planerischen und Vorhaben bezogenen Entscheidungen einfließen. Gleichwohl stellt sich die Frage, ob die derzeitige sehr restriktive Untersagungspraxis den Herausforderungen, einerseits die Flugsicherheit zu gewährleisten zugleich aber auch die Energiewende voranzubringen gerecht wird.

Im Rahmen des hier im Auftrag des Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein anzufertigenden Gutachtens sollen ausgehend von einer Betrachtung der Grundsätze der derzeitigen fach-

technischen Bewertungsmethodik Lösungsansätze basierend auf der tatsächlichen operativen Nutzung der Flugsicherungsanlagen dafür erarbeitet werden. Darüber hinaus sollen technische und/oder rechtliche Alternativen erarbeitet werden.

Im Verlauf des Gutachtens ergab sich eine Beteiligung am gutachterlichen Auftrag der Länder Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Hessen und Nordrhein-Westfalen. Die Ergebnisse stehen somit allen beteiligten Bundesländern zur Verfügung.

Um die rechtssichere Berücksichtigung von Fragen der Flugsicherheit bei der Planaufstellung zu gewährleisten, soll dieser Bereich gesondert behandelt werden. Bereits bei der Planaufstellung sind luftfahrtbezogene Belange über die Beteiligung von in ihren Belangen berührten öffentlichen Stellen zu berücksichtigen. Fragen der Flugsicherheit sollen rechtssicher Berücksichtigung finden, um eine rechtssichere Planaufstellung zu gewährleisten.

3 Status-Quo Analyse

3.1 Windenergieanlagen

Die moderne Windenergienutzung begann Ende des 19. Jahrhunderts in Dänemark erstmals mit der Produktion von Gleichstrom. Nach den Weltkriegen sank das Interesse auf Grund der weltweit sinkenden Energiepreise, so dass erst im Zuge der Ölkrise und dem steigenden Umweltbewusstsein in den 70er Jahren die Weiterentwicklung der Windenergieanlagen (WEA) wieder begann. In den 80er Jahren wurden in den USA allein ca. 15.000 Anlagen mit einer Nennleistung 1.400 Megawatt (MW) errichtet, vorwiegend aus dänischer Produktion. In Deutschland tragen vor allem das Erneuerbare-Energien-Gesetz aus dem Jahre 2000 und das politische Bekenntnis zum Atomausstieg und zur Energiewende nach dem Atomunglück im japanischen Fukushima 2011 erheblich zum Aufstieg der Windenergie bei. Allein in den Jahren 2001 und 2002 wurden zusammen 4.407 Windräder errichtet. Derzeit sind in Deutschland 23.645 WEA mit einer Gesamtleistung von 33.730 MW, davon alleine 2.929 Anlagen mit 3.879 MW in Schleswig-Holstein installiert (Stand 31. Dezember 2013 [19]). Auch jüngste Zahlen der großen Hersteller belegen ein stetiges Wachstum der Branche – in 2013 installierte z.B. Enercon WEA mit einer Nennleistung von 1.300 MW.

Der Trend geht nach dem versuchten Bau einer Mega-Windenergieanlage in Schleswig-Holstein im Jahre 1983 (GROWIAN) zum Bau eher kleinerer Anlagen und dem Zusammenschluss dieser in Windenergieparks mit hoher Gesamtleistung – offshore und onshore. Eine Reduzierung der Anschluss- und Netzausbaukosten wird durch die Bündelung der WEA ermöglicht, da so nicht mehr viele einzelne WEA in das Netz integriert werden müssen [59]. Die derzeit in Deutschland installierten Anlagen haben ein Leistungsspektrum von knapp unter einem MW bis zu sieben MW Leistung. Ihre Nabenhöhe kann bis zu 150 m und der Durchmesser des Rotors bis ca. 100 m betragen, was eine Gesamthöhe von ca. 200 m ergibt [36]. Abbildung 3-2 zeigt eine moderne WEA, die sich mit einer Nennleistung von 3 MW am oberen Leistungsspektrum befindet.

Durch den Fokus auch auf windschwächere Standorte erfolgt eine Differenzierung der Anlagen zwischen Starkwind- und Schwachwindanlage. Sogenannte Schwachwindanlagen wurden zur Erschließung von Standorten im Binnenland und im Süden Deutschlands entwickelt und zeichnen sich im Gegensatz zu Starkwindanlagen durch vergleichsweise hohe Türme mit einem größeren Verhältnis von Rotorfläche zu Nennleistung aus [1].

	2013	
	Starkwind	Schwachwind
Nennleistung	2,5 MW	2,2 MW
Rotor-\varnothing	85 m	90 m
Spezifische Nennleistung	441 W/m ²	346 W/m ²
Nabenhöhe	90 m	120 m

Abbildung 3-1: Vergleich Starkwindanlage - Schwachwindanlage [Quelle: [1]]

Bei der Angabe der Nennleistung einer WEA muss beachtet werden, dass dies die maximale Leistung darstellt und in der Praxis so nicht erreicht werden kann. Im Gegensatz zu einem konventionellen Kraftwerk (Kern, Gas, Kohle) kann eine WEA nicht

beliebig nach Bedarf Energie abgeben, da sie abhängig vom lokal vorhandenen Wind ist. Die Nennleistung muss mit dem sogenannten Kapazitätsfaktor multipliziert werden, der das Verhältnis zwischen theoretischer maximaler Nennleistung und der tatsächlichen Energieerzeugung über einen bestimmten Zeitraum wiedergibt. Derzeit erreichen WEA in Deutschland je nach Standort Kapazitätsfaktoren zwischen 18% und 30%.

Wird der Kapazitätsfaktor einer WEA an einem Standort erhöht, kommt es zur besseren Auslastung der Netzanbindung der Anlage sowie der angrenzenden Stromnetze, da die WEA zu einem zeitlich größeren Anteil im Jahr mit Nennleistung betrieben wird. Die Netzeinspeisung der Anlage wird daher auch im Tagesgang betrachtet gleichmäßiger, was zu einer Entlastung der Stromnetze führt, da weniger oft Regelenergie zum Ausgleich der Schwankungen bereitgestellt werden muss (u.a. durch konventionelle Energieträger) [59].



Abbildung 3-2: 3.025 Kilowatt Windenergieanlage mit Nabenhöhe bis zu 150m [Quelle: Enercon]

WEA stehen in einem Konflikt mit Navigations- und Überwachungseinrichtungen (Radar) der Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) und Wetterradaranlagen des Deutschen Wetterdienst (DWD). Durch Reflektionen der erzeugten elektromagnetischen Wellen der jeweiligen Anlagen kann es zu fehlerhaften Anzeigen im Cockpit oder auf dem Radaranzeigergerät kommen. Dies kann möglicherweise zu einer Beeinträchtigung der Navigationsleistung der Luftfahrzeuge (LFZ) und der Erkennung von Wetterphänomenen führen. Auf Grund von entsprechenden Prüfverfahren der DFS können mög-

liche Bauvorhaben von WEA untersagt werden, wenn die Untersuchungen eine solche Beeinträchtigung nachweisen und sie sich oberhalb seitens internationaler oder durch die DFS festgelegter Grenzwerte bewegen. Eine Erläuterung zum Untersuchungsverfahren der DFS erfolgt im weiteren Verlauf des vorliegenden Gutachtens.

Das Gutachten untersucht ausschließlich die Wechselwirkungen zwischen WEA und von der DFS betriebener Funknavigationsanlagen DVOR/VOR (Funktionsweise siehe folgender Abschnitt). In Deutschland ist nach Aussage des Bundesverbands für Windenergie BWE derzeit der Bau von neuen WEA mit einer Nennleistung von insgesamt **1.713 MW** durch entsprechende Entscheidungen des BAF auf Basis fachtechnischer Einzelfallprüfungen der DFS verhindert [48]. Die Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), welches am 8. April diesen Jahres beschlossen wurde, sieht jedoch einen garantierten Ausbaukorridor der Windenergie von 2.500 MW vor [34].

3.2 Funknavigationsanlagen

Funknavigationsanlagen dienen in der Luftfahrt zur Positionsbestimmung und damit verbunden der Navigation der Luftfahrzeuge (vgl. 3.3). Im folgenden Abschnitt werden kurz die klassischen Funknavigationshilfen vorgestellt. Hauptaugenmerk liegt hier auf dem in diesem Gutachten relevanten DVOR/VOR. Zum Verständnis der später im Gutachten behandelten Formen der Navigation und damit verbundenen Flugverfahren werden auch das *Non Directional Beacon* (NDB) und das *Distance Measuring Equipment* (DME) kurz erläutert. Verzichtet wird auf eine Erklärung des *Instrument Landing System* (ILS), welches das am meisten verbreitete System zur Führung des Luftfahrzeugs (LFZ) im Endanflug bis zur Landung ist, da es für das Gutachten keine Bedeutung hat.

3.2.1 Very High Frequency Omni Directional Radio Range

3.2.1.1 Allgemeines

Das 1953 von der ICAO eingeführte VOR (*Very High Frequency Omnidirectional Radio Range*), wird bis heute als Standard-Funkhilfe für An- und Abflug, Warteverfahren sowie für die Kurz- und Mittelstreckennavigation verwendet. Die VOR-Stationen arbeiten mit einem Kanalabstand von 50 kHz im Frequenzbereich zwischen 108 - 117,950 MHz, wobei im Bereich von 108 - 112 MHz lediglich die geraden Zehntel-MHz (108,0 - 108,2 - 108,4 usw.) benutzt werden können. Die dazwischen liegenden ungeraden Werte sind für das Instrumentenlandesystem (ILS) reserviert.

In der Bundesrepublik Deutschland sind gegenwärtig 43 DVOR/VOR Stationen in Betrieb (siehe auch Tabelle 7-1).

3.2.1.2 Conventional VOR

Das konventionelle VOR-Funkortungssystem (auch CVOR), beruht auf dem Prinzip der Fremdpeilung bzw. Standlinienermittlung. Von der Bodenstation werden auf nur einer Trägerfrequenz zwei sich nicht gegenseitig störende 30 Hz-Signale gesendet, deren Phasenwinkeldifferenz von der Abstrahlrichtung abhängig und dem Azimut, also der Standlinie, proportional ist. Als Trägerfrequenzbereich kommt das UKW-Band (siehe 3.2.1.1) zur Anwendung. Der Phasenwinkel wird zwischen einem Azimut unabhängigen Referenzsignal und einem winkelabhängigen Umlaufsignal gleicher Frequenz gemessen.

Außer der Richtungsinformation wird noch die Stationskennung sowie ggf. Sprache (Wetterinformationen) übertragen.

Um zwei 30 Hz-Signale mit ausreichendem Störabstand zu erzeugen, bedient man sich eines Subträgers von 9,96 kHz, der mit 30 Hz frequenzmoduliert wird. Umlaufsignal und Bezugssignal sind so eindeutig für den Empfänger zu erkennen und zu trennen (Abbildung 3-3).

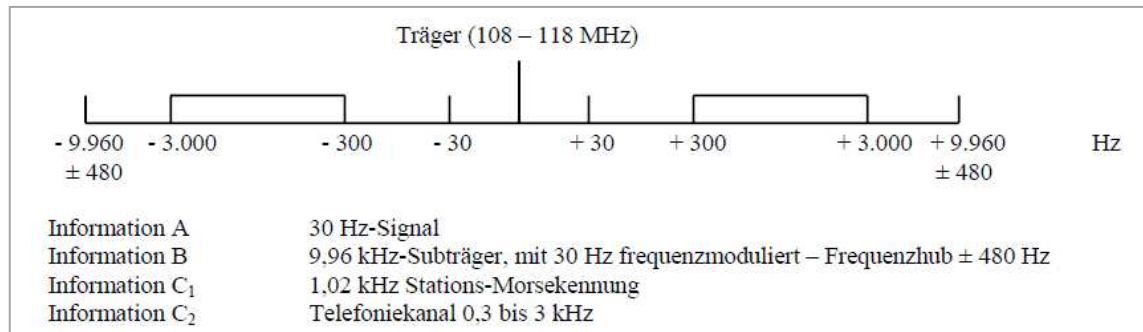


Abbildung 3-3: Frequenzspektrum des VOR-Signals [28]

Die umlaufende azimutabhängige Phase wird von einem Antennensystem mit der Richtcharakteristik einer Kardioide abgestrahlt. Durch Drehung des Antennensystems oder durch die Beschickung der ruhenden Antenne mit einem entsprechenden Drehfeld wird die 30 Hz Amplitudenmodulation des HF-Signals hervorgerufen. Das richtungsunabhängige 30 Hz Bezugssignal ist auf einem 9,96 kHz Subträger mit einem Frequenzhub von ± 480 Hz frequenzmoduliert. Der Subträger selber ist auf dem HF-Träger amplitudenmoduliert (Abbildung 3-4).

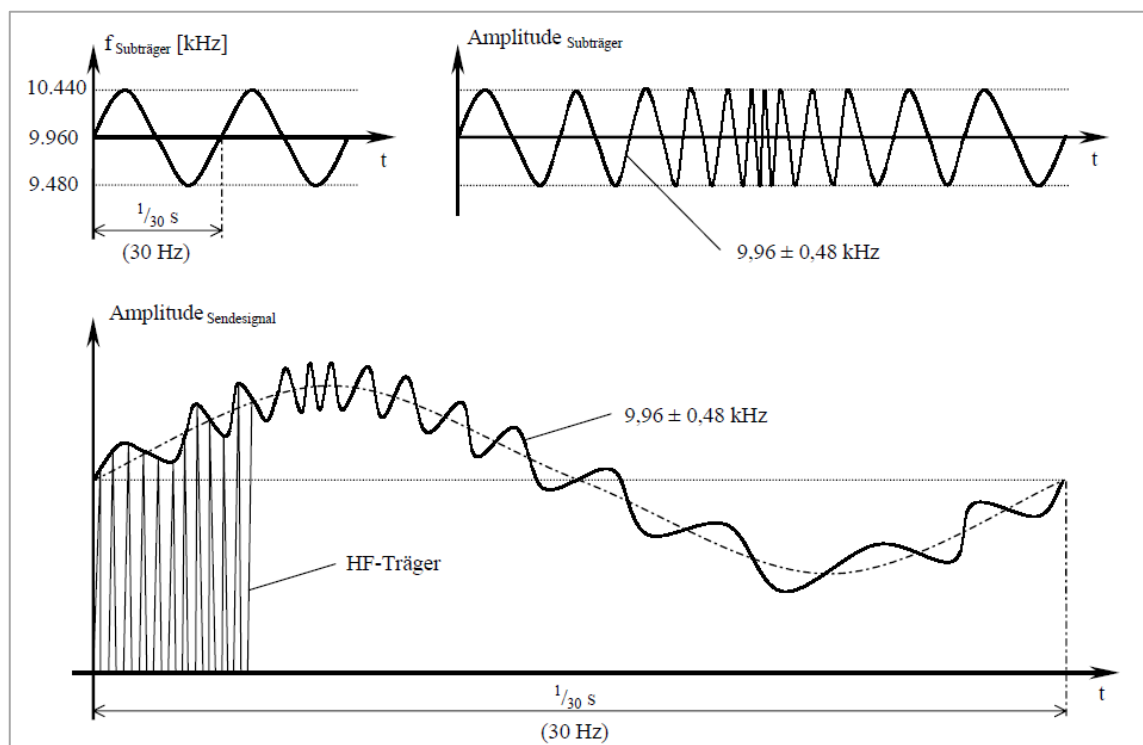


Abbildung 3-4: Oben: Frequenzmodulation des Subträgers; Unten: Sendesignal mit HF-Träger [28]

Herkömmliche Bodensendeanlagen bestehen aus dem

- HF-Generator, der
- Überwachungs- und Fernbedienungseinrichtung, der
- Modulator- und Tasteinrichtung sowie dem
- Antennensystem.

Die Antennenanlage besitzt eine Rundstrahlscheibenantenne und eine umlaufenden Richtantenne, die als Tastdipol, der mit einem Synchronmotor mit 1.800 Umdrehungen pro Minute angetrieben wird, ausgeführt ist. Die Richtcharakteristik des Antennensystems enthält eine Unsicherheitszone zwischen 50° und 130° in der Vertikalen. Die Reichweite des Systems ist wegen des quasioptischen Ausbreitungsverhaltens elektromagnetischer Wellen in diesem Frequenzbereich auf ca. 230 NM beschränkt.

Die Bordanlage eines klassischen VOR-Navigationssystems besteht aus einem VHF-Navigationsempfänger, einem VOR-Konverter und aus den entsprechenden Anzeigegeräten (Abbildung 3-5).

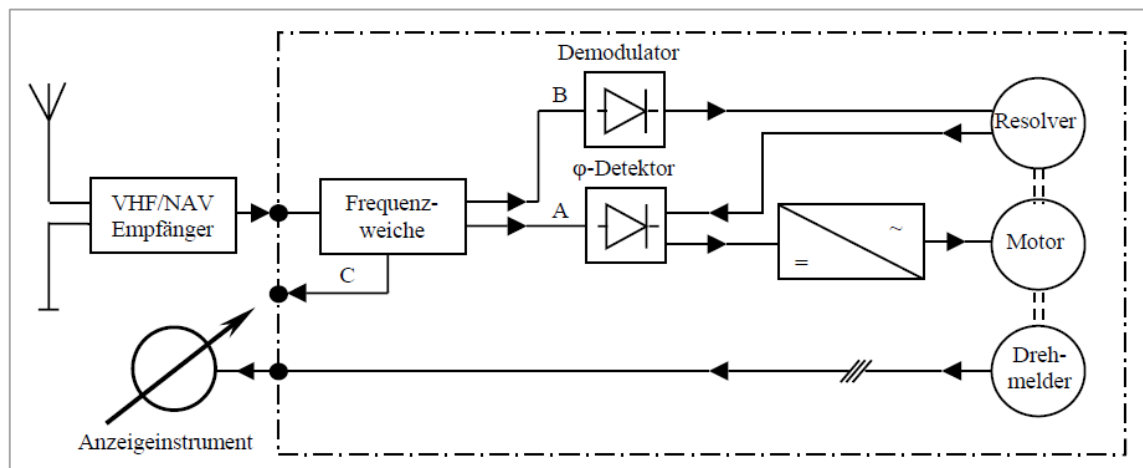


Abbildung 3-5: Prinzip einer VOR-Empfangsanlage [28]

Zusätzlich enthalten die Anlagen ein OBS, *Omni Bearing Selector*, der die manuelle Vorgabe eines beliebigen Sollkurses ermöglicht. Im VOR-Konverter werden die vom VHF-Empfänger aufgenommenen und demodulierten Signale der VOR-Station für eine Instrumentenanzeige geeignet umgeformt. Am NF-Ausgang des VHF-Empfängers, der mit dem NF-Eingang des VOR-Konverters verbunden wird, stehen die Informationen A, B und C zur Verfügung. Die auf den NF-Eingang folgende Frequenzweiche trennt die Informationen A, B und C voneinander. Am Ausgang C der Weiche stehen die Stationskennung und eventuell vorhandene Telefonie-Informationen zur Verfügung. Der Ausgang B der Weiche liefert den mit dem Bezugssignal frequenzmodulierten 9,96 kHz Subträger, während das 30 Hz Signal dem Ausgang A zu entnehmen ist. Aus der Information B wird im FM-Demodulator das 30 Hz Bezugssignal gewonnen.

Nachdem dieses Signal den *Resolver* passiert hat, gelangt es zum Phasendetektor, dem auch das Signal A direkt zugeführt wird. Der Phasendetektor wandelt die Phasenwinkeldifferenz zwischen Umlaufsignal und Bezugssignal nach Vorzeichen und Betrag in eine analoge Gleichspannung um. Das Phasendetektorausgangssignal wird nach Umwandlung in eine Wechselspannung zur Steuerung eines entsprechenden Motors verwendet. Mit dem Motor sind ein Funktionsdrehmelder und ein Drehmelder mechanisch gekoppelt. Phasendetektor, Motor und *Resolver* bilden einen Regelkreis,

der die Phasenwinkeldifferenz am Phasendetektoreingang konstant hält. Damit ist die Stellung der Motorachse ein Maß für den Azimutwinkel, der über den Drehmelder auf das Anzeigeeinstrument übertragen wird.

Neben dem RMI können auch der Kursabweichungsanzeiger, *Course Deviation Indicator* (CDI), und das Kreuzzeigerinstrument mit einem VOR-Signal gespeist werden. Kreuzzeigerinstrument und Kursabweichungsanzeiger sowie die integrierten Geräte *Horizontal Situation Display* (HSD) und *Horizontal Situation Indicator* (HSI) dienen in Verbindung mit dem *Instrument Landing System* (ILS) als Kommandogerät für das Erfliegen eines *Radials* (Abbildung 3-6). Die VOR-Bordantenne ist als V-Dipol ausgeführt, der für horizontal polarisierte elektrische Felder spezifiziert ist.



Abbildung 3-6: Klassischer *Horizontal Situation Indicator* (HSI)

Moderne Systeme realisieren das Empfangsgerät größtenteils als integrierte Schaltkreise. Die Anzeigegeräte sind ebenfalls, insbesondere in modernen zivilen Luftfahrzeugen, als computergesteuerte Bildschirmanzeigen realisiert (Abbildung 3-7).



Abbildung 3-7: Primary Flight Display (links) und Navigation Display (rechts) eines Airbus A380 [eigenes Foto]

3.2.1.3 Doppler VOR

Das herkömmliche VOR liefert nur in weitgehend reflexionsfreiem Gelände genaue Signale. Insbesondere in Geländen mit ausgeprägter Topographie führt die Ausbreitungscharakteristik der elektromagnetischen Signale zu fehlerhaften Übertragungen. Abhilfe bietet das Doppler-VOR, bei dem die Frequenzmodulation durch geschickte Ausnutzung der Antennengeometrie über den Doppler-Effekt erzeugt wird. Der Modulationsindex und damit die Störsicherheit können damit erhöht werden.

Dazu wird ein kreisförmig um eine vertikale Achse umlaufender Sender simuliert, der eine konstante Frequenz ausstrahlt. Während einer Umlaufperiode nähern und entfernen sich somit Sender und Empfänger voneinander – die Empfängerfrequenz schwankt sinusförmig zwischen zwei Extremwerten – es entsteht eine frequenzmodulierte Trägerwelle. Im Fernfeld erscheint auch ein DVOR-Signal wieder amplitudenmoduliert – ein gesondertes Empfangsgerät ist somit nicht nötig. Der Vorteil des Drehfunkfeuers gegenüber dem ungerichteten Funkfeuer besteht in der hohen Störfreiheit gegenüber atmosphärischen und terrestrischen Störungen, der Anzeigegenauigkeit von ca. $\pm 2^\circ$ sowie der freien Wählbarkeit von 360 missweisenden Kursen (Abbildung 3-8).



Abbildung 3-8: Abb. 6.13. Antennenanlage eines DVOR

3.2.2 Non Directional Beacon

Das ungerichtete Funkfeuer *Non Directional Beacon* ist eine am Boden installierte Sendeanlage, die kontinuierlich ungerichtete Funkwellen ausstrahlt. Diese liegen im Frequenzbereich von 190 – 1.750 kHz mit einer Reichweite von 25 – 150 NM. Verschiedene NDB können untereinander durch ihre unterschiedliche Kennung (Modulierung der Sendefrequenz) unterschieden werden.

Als Empfangseinrichtung im Luftfahrzeug wird der *Automatic Direction Finder* (ADF) verwendet. Der ADF ermittelt die Richtung, in der sich das ausgewählte NDB befindet (Peilung). Der ADF besteht aus einem Antennensystem (Loop- und Sense-Antenne), einem Empfänger, einem Bediengerät (u.a. zum Einstellen der anzupeilenden Frequenz), sowie einem Anzeigegerät zur Darstellung der Peilung.

Die Peilung erfolgt über das Prinzip der Goniometer-Peilung. Das elektromagnetische Feld des Senders (NDB) induziert eine Spannung in der Loop-Antenne (Ferritstaban-

tenne). Die Loop-Antenne wird solange gedreht bis die induzierte Spannung minimal wird (Minimumpeilung). Somit kann der Sender zwar angepeilt werden, jedoch ist die Richtung in welcher der Sender liegt unbekannt, da zwei mögliche Richtungen (die sich zueinander um 180° unterscheiden) existieren. Um die Richtung in der der Sender liegt zu bestimmen, wird das von der Sense-Antenne (Langdrahtantenne) Empfangsdiagramm (richtungsunabhängig) über jenes der Loop-Antenne gelegt und phasenrichtig addiert. Daraus resultiert eine richtungseindeutige Empfangskurve, die sog. Kardioiden (Herzkurve), mit der nun die Richtung in der der Sender liegt eindeutig bestimmt werden kann (vgl. Abbildung 3-9).

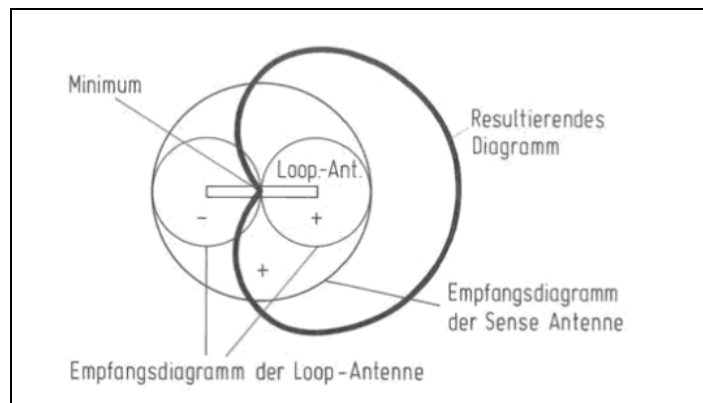


Abbildung 3-9: ADF Empfangsdiagramm

Im Gegensatz zum VOR kann hier allerdings nur die relative Peilung des LFZ zum NDB bestimmt werden, d.h. der Winkel zwischen der Längsachse (Blickrichtung) des LFZ und der Position des NDB. Eine Bestimmung und Anzeige der Ablage des LFZ zu einem vorgewählten Radial, wie es bei einem VOR möglich ist, kann nicht erfolgen. Außerdem unterliegt das NDB-Signal verschiedenen Störeinflüssen:

- Küsteneffekt
Die Zuverlässigkeit eines NDB Signals kann an Küstenlinien beeinträchtigt sein. Die elektromagnetischen Wellen können sich an der Grenze zwischen trockenen und feuchten Luftmassen brechen. Ebenso beeinträchtigt die unterschiedliche Leitfähigkeit der Luftmassen das Signal
- Mountain Effekt
Die elektromagnetischen Wellen des NDB können an Gebirgen reflektieren und/oder brechen, was zur Ermittlung einer falschen Peilung (Mehrwegausbreitung) führen kann. Der Bergeffekt nimmt mit zunehmender Flughöhe über dem Gebirge ab
- Fading
An den ionisierten Luftschichten (Ionosphäre) können die elektromagnetischen Wellen des NDB reflektieren. Trifft nun die Bodenwelle gemeinsam mit den reflektierten Wellen (Phasenverschiebung durch unterschiedliche Lauflänge) auf den Empfänger kommt es zu Überlagerungserscheinungen (*Fading*), was unter anderem zu Peilfehlern oder zu Signalverlust führen kann
- Elektrostatischer Effekt
Gewitter und gelegentlich auch elektromagnetische Störungen durch Quellen außerhalb und innerhalb eines LFZ haben Einfluss auf den Empfang des NDB Signals

Das NDB ist ein schon seit den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts bestehendes kostengünstiges System. Auf Grund der vielen Störeinflüsse, der geringen Reichweite und der beschränkten Positionsbestimmung ist es ein vergleichsweise ungenaues Hilfsmittel zur Navigation und wird zunehmend in Deutschland abgebaut. In modernen Szenarien der Luftfahrt-Navigation in Europa spielt das NDB keine Rolle mehr.

3.2.3 Distance Measurement Equipment

Sowohl NDB als auch VOR liefern für navigatorische Zwecke als einzelne Einrichtung lediglich Richtungsinformationen. Das *Distance Measuring Equipment* ergänzt VOR und NDB, da mit dessen Hilfe eine Entfernung ermittelt werden kann.

Das DME ermittelt die Schrägentfernung zwischen Luftfahrzeug und DME Bodenstation mittels Laufzeitmessung von Abfrage- und Antwortsignalen. Das System arbeitet im Frequenzbereich 962 - 1.213 MHz. Der Interrogator an Bord eines Luftfahrzeuges sendet einen Doppelimpuls an die DME Bodenstation, diese antwortet nach einer festen Verzögerungszeit von 50µs, zum Ausgleich unterschiedlicher Verarbeitungszeiten, und sendet den Doppelimpuls (gleicher Impulsabstand), jedoch mit einer um 63Hz höheren oder niedrigeren Frequenz an das Luftfahrzeug zurück. Das DME Bordgerät empfängt den Antwort-Doppelimpuls und kann aus der Laufzeit des Impulses (Zeit zwischen Aussendung der Abfrage und Empfang der Antwort) die Schrägentfernung zur DME Bodenstation errechnen. Mit bekannter Flughöhe lässt sich die Entfernung zur DME Bodenstation über Grund näherungsweise berechnen (vgl. Abbildung 3-10).

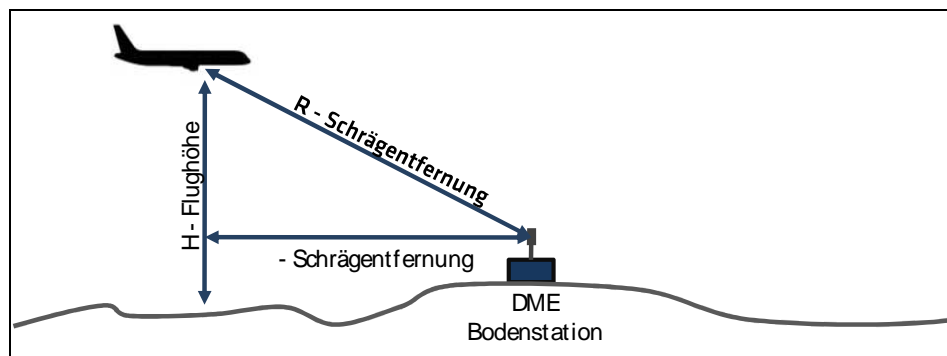


Abbildung 3-10: Funktionsprinzip DME [eigene Darstellung]

Da eine DME-Bodenstation von vielen Flugzeugen gleichzeitig genutzt werden soll, werden komplexe Signalverfahren eingesetzt um eine Individualisierung zu gewährleisten, wie in der Prinzip Darstellung unterstellt.

Die Reichweite einer DME Station beträgt etwa 200 NM. Jede Station kann die Abfragen von bis zu 100 Luftfahrzeugen verarbeiten. Fragen mehr als 100 Luftfahrzeuge die Station ab, werden die Abfragen von Luftfahrzeugen die weiter entfernt liegen (geringere Stärke des empfangenen Doppelimpulses) ignoriert.

DME Systeme werden häufig mit einem VOR gekoppelt, entsprechende Doppelsysteme werden als VOR/DME bezeichnet [60].

3.3 Navigation in der Luftfahrt

Navigation bezeichnet die Fähigkeit, ein Fahrzeug (Land-, Luft oder Seefahrzeug) von einem Ausgangspunkt sicher zum gewünschten Zielpunkt zu steuern. Grundlage der Navigation ist die Ermittlung der eigenen Position im dreidimensionalen Raum auf verschiedenste Methoden. Dem folgen das Berechnen des optimalen Weges zum Ziel und

das anschließende Führen des Fahrzeugs auf diesem Weg – einschließlich der Kontrolle über die korrekte Einhaltung des Weges durch erneute Positionsbestimmungen.

In der Luftfahrt wird die Navigation grundsätzlich nach zwei unterschiedlichen Methoden unterschieden, der Navigation nach Sicht (terrestrische Navigation) und der Navigation nach Instrumenten, bei der der Luftfahrzeugführer prinzipiell keine Außensicht benötigt.

3.3.1 Flugregeln

Navigation nach Sicht – *Visual Flight Rules* (VFR) - hat vor allem in der Allgemeinen Luftfahrt - *General Aviation* (GA) - Bedeutung. Der Pilot navigiert ausschließlich nach Sicht und muss bestimmte Abstände zu Wolken einhalten. Dadurch ist er in seiner Wahl des Flugwegs teilweise sehr eingeschränkt und abhängig von der Entwicklung der aktuellen Wetterlage. Kollisionen mit anderen Luftfahrzeugen muss er eigenverantwortlich vermeiden. Die entsprechenden Wetterminima, die vom Luftfahrzeugführer eingehalten werden müssen (horizontale Flugsicht in km und vertikaler Abstand zu Wolken in ft) hängen vom jeweiligen Luftraum ab, in dem sich das Luftfahrzeug (LFZ) befindet (siehe unten). Wetterbedingungen die einen Flug unter VFR zulassen heißen *Visual Meteorological Conditions* (VMC).

Kommerzielle Verkehrsfliegerei wird fast ausschließlich mit Hilfe von Navigation nach Instrumenten durchgeführt – nach *Instrument Flight Rules* (IFR), um einer Beeinflussung des Flugweges durch das Wetter zu entgehen. Wolken müssen nicht vermieden werden, Minima bezüglich der horizontalen Sichtweite und Abständen zu Wolken müssen nur beim Start und während der Landung beachtet werden. Wetterbedingungen für den Instrumentenflug heißen *Instrument Meteorological Conditions* (IMC). Befindet sich der Pilot in IMC, führt er den Flug mit Hilfe seiner Instrumente durch und navigiert mit entsprechenden Navigationshilfsmitteln. Um Zusammenstöße mit anderen LFZ zu vermeiden, muss er den Anweisungen des Fluglotsen am Boden folgen. Nur dieser hat mit Hilfe seiner Radaranzeige den Überblick über den gesamten Flugverkehr und kann für die Einhaltung der entsprechenden Sicherheitsabstände (Separation) sorgen.

Zusätzliches Kriterium für die Wahl der jeweiligen Flugregeln und die Anforderungen an die erforderlichen meteorologischen Rahmenbedingungen ist die Luftraumstruktur, die sich (gem. ICAO Annex 2 und 11 [54]) in unterschiedliche Luftraumklassen von A (Alfa) bis G (Golf) unterteilt. Die Unterscheidung erfolgt grob durch die Art der Kontrolle dieser Lufträume (kontrollierter/unkontrollierter Luftraum) und beinhaltet weitgehende Richtlinien für den Durchflug dieser Bereiche wie Höchstgeschwindigkeit sowie Mindestsichtweiten, Erdsicht und minimale Wolkenabstände für den VFR-Verkehr.

Lufträume werden sowohl in horizontaler als auch vertikaler Anordnung zueinander gesetzt. In Deutschland gibt es nur die Lufträume C (Charlie) bis G (Golf) (vgl. Abbildung 3-11).

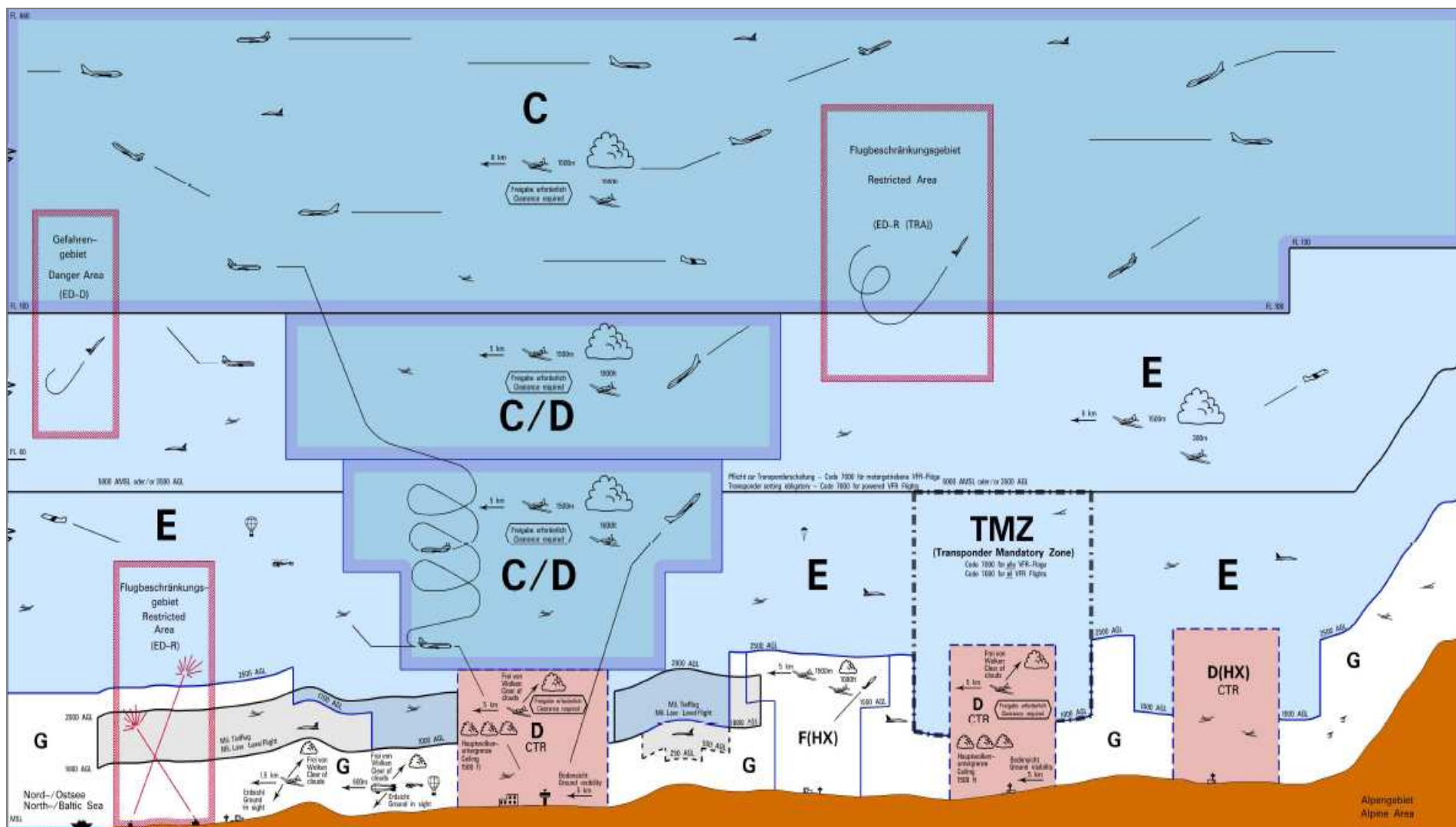


Abbildung 3-11: Luftraumstruktur Deutschland [Quelle: DFS]

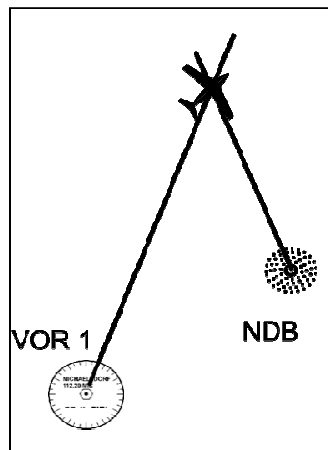
3.3.2 Klassische Navigation mit Hilfe konventioneller Funknavigationsanlagen

In der klassischen Funknavigation bestimmt der Luftfahrzeugführer mithilfe der beschriebenen bodengestützten Funknavigationseinrichtungen NDB, DVOR/VOR und DME sowie den entsprechenden Anzeigeegeräten im LFZ seine Position im Raum. Dies ermöglicht ihm im Gegensatz zur terrestrischen Navigation unabhängig von festen Bodenmerkmalen (Flüssen, Eisenbahnlinien, Städten) einer festgelegten Route zu folgen, um vom Start- zum Zielflughafen zu gelangen. Sicht nach außen wird nicht benötigt, der Flug kann unter fast allen Wetterbedingungen durchgeführt werden (vgl. 3.3.1).

Der Luftfahrzeugführer benötigt nur die entsprechenden Geräte zum Empfang und zur Anzeige der Peilung bzw. Entfernung der Navigationseinrichtungen, eine Karte mit den entsprechenden Positionen der Navigationseinrichtungen und seinen eigenen Steuerkurs. Zur Bestimmung der Position stehen ihm folgende Verfahren zur Verfügung:

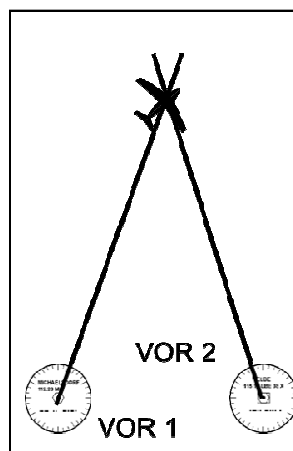
- Kreuzpeilung mit Hilfe eines NDB und eines DVOR/VOR

Der Luftfahrzeugführer bestimmt zwei Standlinien mit Hilfe der genauen Position der gewählten Navigationshilfen NDB und DVOR/VOR (Karte) und dem eigenen Steuerkurs, die Kreuzung der beiden Linien stellt seine Position dar



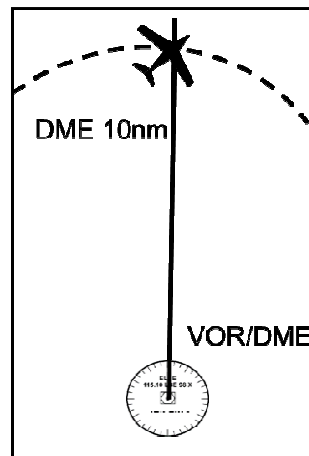
- Kreuzpeilung mit Hilfe zweier DVOR/VOR

Der Luftfahrzeugführer bestimmt zwei Standlinien mit Hilfe der genauen Position der gewählten Navigationshilfen (Karte) und dem eigenen Steuerkurs, die Kreuzung der beiden Linien stellt seine Position dar



- Kreuzpeilung mit Hilfe eines DVOR/VOR und eines DME

Der Luftfahrzeugführer bestimmt eine Standlinie zum DVOR/VOR und die Entfernung zum DME mit Hilfe der genauen Position der gewählten Navigationshilfen (Karte) und dem eigenen Steuerkurs, der Schnittpunkt des Abstandskreises und der Standlinie stellt die Position dar



Bei der klassischen Funknavigation ist der Luftfahrzeugführer allerdings zum einem an das Vorhandensein der entsprechenden Infrastruktur an Navigationseinrichtungen am Boden gebunden und seine Strecke kann nur entlang dieser gewählt werden. Zur Kontrolle der Einhaltung des gewünschten Flugwegs muss immer wieder eine erneute Bestimmung seiner Position mit Hilfe der eben genannten Methoden erfolgen. Eine permanente Überwachung der Momentan-Position ist nur möglich, sofern man sich auf Radialen direkt zu einem VOR/NDB hin oder von einem VOR/NDB weg bewegt.

Eine deutliche Einschränkung bezüglich der Wahl und der Präzision des gewünschten Flugwegs ist hierbei unvermeidbar. Gerade im Bereich des Streckenflugs waren bei Verwendung der klassischen Funknavigation nur Streckenführungen von Funknavigationseinrichtung zu Funknavigationseinrichtung möglich (vgl. Abbildung 3-12). Mit steigender Anzahl an Flugbewegung wuchs die Forderung an eine Möglichkeit der Routenführung entlang frei wählbarer Wegpunkte, definiert allein durch ihre Koordinaten (*Latitude / Longitude*), um die vorhandenen Kapazitäten im Luftraum besser zu nutzen. Erst mit der Verwendung von Flächennavigation - *Area Navigation* (RNAV) Systemen wurde dies möglich gemacht.

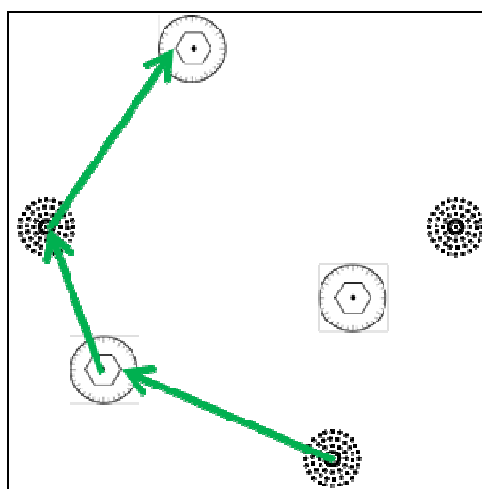


Abbildung 3-12: Klassische Routenführung [eigene Darstellung]

3.3.3 Moderne Hybridnavigation

Die Entwicklung erster Computertechnologien in den 60er Jahren brachte die Möglichkeit mit Hilfe von Navigationscomputern frei wählbaren Wegpunkte (*Waypoints*) zu bestimmen und dem Luftfahrzeugführer mit Hilfe entsprechender Anzeigen den Flugweg entlang dieser darzustellen. Der Luftfahrzeugführer musste manuell den *Waypoint* mit Hilfe von entsprechenden Koordinaten (*Latitude / Longitude*) in den Navigationscomputer eingeben, worauf dieser durch automatisches Wählen von Funknavigationseinrichtungen die Eigenposition des LFZ sowie die Position des *Waypoints* permanent bestimmte und überwachte. Diese Art der Navigation nennt sich Flächennavigation - *Area Navigation* bzw. *Random Navigation RNAV*. 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.*”[54]

Zur Positionsbestimmung werden die bereits genannten Methoden VOR/DME und zusätzlich DME/DME verwendet. Die Positionsbestimmung mit Hilfe von VOR/VOR und NDB/VOR wurde auf Grund der fehlenden Präzision nicht mehr weiter verfolgt und ist nicht Bestandteil eines RNAV-Systems (Abbildung 3-13).

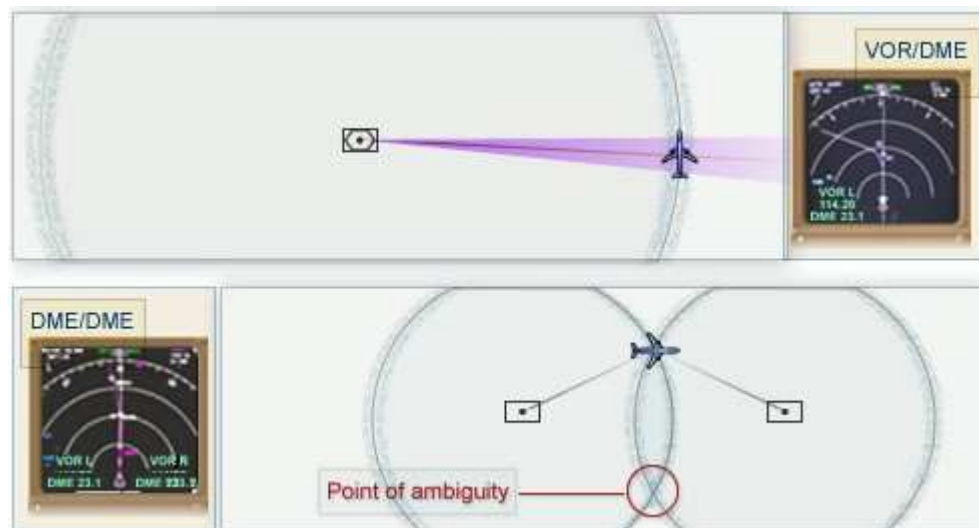


Abbildung 3-13: Positionsbestimmung mit VOR/DME und DME/DME [Quelle: EUROCONTROL]

Zwei weitere Möglichkeiten der Positionsbestimmung wurden entwickelt und finden als zusätzliche Sensoren in Navigationscomputern heutzutage Verwendung [60]:

Die **Trägheitsnavigation - Inertial Navigation System (INS)** ist ein bordautonomes System zur Positionsbestimmung, d.h. es arbeitet selbstständig ohne dass es auf Informationen von Bodenfunkanlagen oder Satelliten angewiesen ist.

Die Trägheitsnavigationsanlage besteht aus einer kreiselstabilisierten Plattform, mit deren Hilfe die Beschleunigungen in Richtung der Luftfahrzeugachsen (translatorische Freiheitsgrade) sowie Beschleunigungen um die Flugzeugachsen (rotatorische Freiheitsgrade) gemessen werden. Allerdings sind derartige Anlagen heute nicht mehr mechanische Systeme, sondern durch Verwendung moderner Laserkreisel werden diese als sogenannte *Strap-Down* Systeme im Flugzeug eingebaut. Anhand der gemessenen

Beschleunigungen in den Luftfahrzeugachsen kann der zurückgelegte Weg des Luftfahrzeugs bestimmt werden. Zur Ermittlung der aktuellen Flugzeugposition gegenüber einem festen Koordinatensystem (z.B. Erdkoordinatensystem) ist es erforderlich, die Koordinaten des Ausgangspunktes (z.B. die Parkposition am Flughafen) in das System einzugeben. Auf Basis dieses Startpunktes wird das Bewegungsprofil des Luftfahrzeuges erfasst und die jeweils aktuellen Koordinaten des Luftfahrzeuges können errechnet werden.

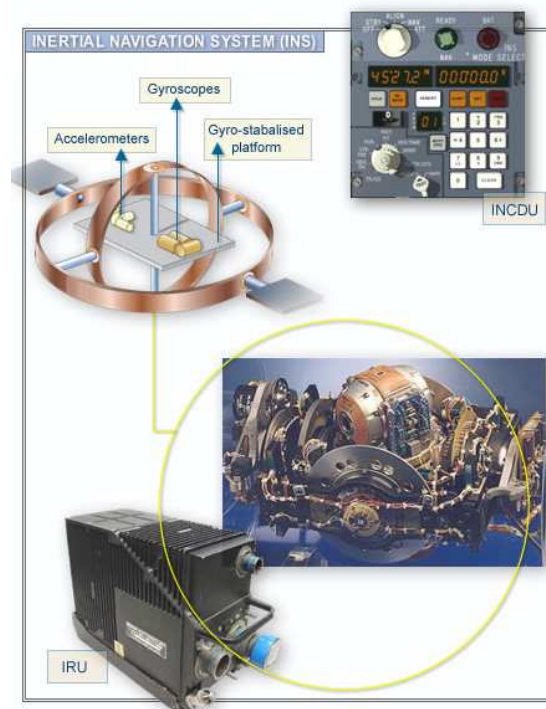


Abbildung 3-14: Inertial Reference System [Quelle: EUROCONTROL]

Die **Satellitennavigation** beschreibt die Positionsbestimmung mit Hilfe des Empfangs von Signalen von Navigationssatelliten aus der Erdumlaufbahn. Satellitennavigationssysteme sind im Luftverkehr unter dem Sammelbegriff *Global Navigation Satellite System* (GNSS) zusammengefasst. Dazu gehören folgende Systeme [40][31][37][30]:

- NAVSTAR GPS USA, Seit 1995 in Betrieb, min. 24 Satelliten
- GLONASS Russland, Seit 2011 funktionsfähig, 24 operative Satelliten
- GALILEO Europa, Einsatzfähigkeit vor. 2020, 30 operative Satelliten
- COMPASS China, Einsatzfähigkeit vor. 2020, bis zu 35 Satelliten

Das Grundprinzip der Satellitennavigation basiert auf der Übermittlung via Funkcodes der genauen Position und Uhrzeit der jeweiligen Satelliten. Zur Positionsbestimmung muss ein Empfänger die Signale von mindestens vier Satelliten gleichzeitig empfangen. Im Empfangsgerät werden die Pseudo-Signallaufzeiten gemessen (von den Satelliten zur Empfangsantenne inklusive Uhrenfehler des Empfängers) und daraus die aktuelle Position (inklusive der Höhe) und der Uhrenfehler ermittelt.

Bei einer Bahnhöhe von ca. 25.000 km wird eine Konstellation von 24 bis 30 Satelliten verwendet. Damit soll sichergestellt werden, dass die Empfangsgeräte – auch bei nicht vollkommen freier Sicht zum Horizont – möglichst immer Signale von mindestens vier

Satelliten gleichzeitig empfangen können (beim GPS-System sind es 6 bis 12 Satelliten).

Das *Global Positioning System* (GPS) System ist das weltweit meist genutzte System und befindet sich im Besitz des Verteidigungsministeriums der USA. GPS bietet zwei verschiedene Dienstklassen an. Der *Standard Positioning Service* (SPS) ist für den allgemeinen zivilen Gebrauch (mit entsprechendem Empfangsgerät) verfügbar. Die Genauigkeit der GPS Ortung im SPS Dienst liegt bei ca. 15 m. Der *Precise Positioning Service* (PPS) sendet die GPS Daten verschlüsselt aus und ist für die militärische Anwendung der Streitkräfte der USA vorgesehen. Die aktuelle Genauigkeit im PPS Dienst ist nicht öffentlich bekannt. Die Genauigkeit des SPS kann jederzeit vom US-Verteidigungsministerium künstlich reduziert werden (*Selective Availability – SA*), bzw. es könnte die Aussendung der SPS Daten auch gänzlich gestoppt werden. Die GPS Satelliten neuester Generation (GPS III) sollen jedoch nicht mehr mit der SA Fähigkeit ausgestattet werden, welches die Entscheidung von US-Präsident Clinton im Mai 2000, die SA Funktion nicht mehr zu benutzen, endgültig machen soll [40].

Die Tatsache, dass die USA grundsätzlich jedoch weiterhin das Monopol über die Kontrolle des GPS besitzt, und alternative Systeme sich derzeit noch nicht zuverlässig in Betrieb befinden, führt dies zu der zögerlichen Umsetzung von GNSS-Navigation als primäres Navigationssystem bei der Planung von Flugverfahren, obwohl es technisch grundsätzlich die höchste Präzision und beste Verfügbarkeit (vgl. Infrastruktur Funknavigation am Boden) bietet.

Moderne *Flight Management Systeme* (FMS) ziviler LFZ bestimmen die Position zu meist über IRS, aktualisieren diese aber ständig automatisch über GPS, DME/DME und VOR/DME, womit im Betrieb sehr hohe Navigationsgenauigkeiten erreicht werden. Flugverfahren und die entsprechenden *Waypoints* sind in einer Navigationsdatenbank hinterlegt, welche in einem 28 tägigen Turnus weltweit aktualisiert wird (AIRAC-Cycle) [49]. Das FMS ist meist mit dem Autopiloten des LFZ kombiniert und versorgt diesen mit der vom Piloten vorher eingegeben Route aus *Waypoints*. Der Autopilot kann die Route durch die Kontrolle der Steuerflächen und der Triebwerke des LFZ dann automatisch abfliegen.

Folglich unterliegen die Navigationsdatenbanken höchsten Qualitätsstandards, wobei es weltweit hierfür nur einige wenige Anbieter gibt (z.B. Jeppesen, Lufthansa LIDO). Die Navigationsdatenbasis muss in das dem jeweiligen FMS entsprechenden Datenformat gewandelt werden und monatlich neu eingegeben werden. Grundsätzlich sind Einschränkungen der Nutzung bestimmter Radiale von DVOR/VOR im AIRAC-Code hinterlegt, so das ein FMS erkennt, welche Navigationshilfe es zur jeweiligen Positionsbestimmung aktuell verwenden darf (vgl. Abbildung 3-15). Allerdings ist nicht garantiert, ob diese Einschränkung bei der Konvertierung in das entsprechende Datenformat von den jeweiligen Herstellern der FMS vollständig übernommen wird. Hersteller moderner FMS für den zivilen Luftverkehr sind u.a. die Firmen Honeywell, Thales, General Electrics, Rockwell Collins und Universal [29].

Content	Limitation Description
C	Coverage, the limitations are expressed as maximum reception reliability
F	Fluctuations, radial(s) are affected by course fluctuations.
G	Roughness, signal roughness experienced in the sector(s) defined.
N	Unreliable in the sector(s), at the altitude(s), at the distance(s) defined.
R	Restricted in the sector(s), at the altitude(s), at the distance(s) defined.
T	Unusable in the sector(s), at the altitude(s), at the distance(s) defined.
U	Out of Tolerance in the sector(s), at the altitude(s), at the distance(s) defined.

Abbildung 3-15: ARINC Navaid Limitation Code [Quelle: [4]]



Abbildung 3-16: Bedien- und Anzeigerät eines Honeywell FMS [Quelle: [41]]

Das FMS wählt nach einem internen Algorithmus die „besten“ zur Verfügung stehenden Sensoren (VOR/DME, DME/DME, GPS), um die Position des LFZ zu bestimmen und zu aktualisieren. Welches VOR oder DME zu einem bestimmten Zeitpunkt gewählt wurde, ist für den Luftfahrzeugführer nicht zu erkennen. Dabei ist das VOR jedoch die Funknavigationshilfe mit der niedrigsten Präzision und wird, sobald höherwertige Sensoren (DME oder GPS) zur Verfügung stehen, nicht zur Aktualisierung der LFZ-Position verwendet.

Die Algorithmen sind bei jedem FMS verschieden und stehen nicht zur Verfügung. Jedoch gibt es genaue Anforderungen und Spezifikationen bezüglich der Genauigkeit der Positionsbestimmung.

3.3.4 Anforderungen RNAV-Systeme

Durch die Einführung von RNAV-Systemen wurde die Genauigkeit in der Positionsbestimmung und Präzision bei der Einhaltung des gewünschten Flugwegs gegenüber der konventionellen Funknavigation erheblich gesteigert. Seit 1998 ist *Basic Area Navigation* (B-RNAV) für LFZ ab einer bestimmten Flughöhe in Europa verpflichtend [46] – in Deutschland ab FL95¹, was ca. 9.500 ft bzw. 3000 m über Meeresniveau (*Mean Sea Level/MSL*) bedeutet [16]. Ziviler Luftverkehr findet in der Regel in Höhen von mehr als

¹ FL 95: Flugfläche 95, 9.500 ft bezogen auf einen standardisierten Luftdruck von 1013hPa auf Meeresniveau

25.000 ft statt, unterhalb von 10.000 ft findet man vorwiegend LFZ der allgemeinen Luftfahrt (z.B. Sportfliegerei) unter VFR.

B-RNAV stellt bestimmte Anforderungen an die Genauigkeit der Positionsbestimmung, welche durch die entsprechende Spezifikation des Systems und Verwendung bestimmter Sensoren erreicht wird. Die geforderte Genauigkeit wird als *Required Navigation Performance* (RNP) bezeichnet und in Nautische Meilen Abweichung vom gewünschten Flugweg für 95 % der Gesamtflugzeit angegeben. Die geforderte Navigationsgenauigkeit eines LFZ muss alle möglichen Fehler der Positionsbestimmung mit einbeziehen. Der Gesamtfehler wird als *Total System Error* (TSE) bezeichnet und setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

- **Path Definition Error PDE:** Die Differenz zwischen dem geplanten Flugweg (Desired Path) und dem durch die im FMS hinterlegten *Waypoints* bestimmten Flugweg (Defined Path). Ist in der Regel sehr klein auf Grund der hohen Qualitätsstandards bei der Erstellung der Navigationsdatenbanken
- **Flight Technical Error FTE:** Die Differenz zwischen der durch das RNAV-System bestimmten Position (*Estimated Position*) und dem *Defined Path*. Ist abhängig von der Fähigkeit des Luftfahrzeugführers oder dem Autopiloten, den vorgegebenen Flugweg einzuhalten
- **Navigation Sensor Error NSE:** Die Differenz zwischen der *Estimated Position* und der tatsächlichen Position des LFZ

Der Gesamtfehler berechnet sich wie folgt:

$$TSE = \sqrt{PDE^2 + FTE^2 + NSE^2}$$

Abbildung 3-17 stellt die Zusammensetzung des TSE mit seinen einzelnen Bestandteilen dar.

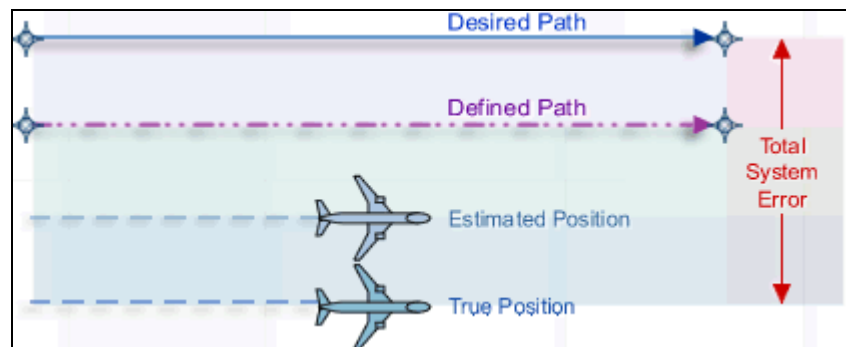


Abbildung 3-17: Zusammensetzung *Total System Error* [Quelle: EUOCONTROL]

B-RNAV schreibt eine Genauigkeit von 5 NM als RNP vor. Ein als B-RNAV zertifiziertes System muss diese Präzision gewährleisten und darf dabei nur VOR/DME, DME/DME, IRS und/oder GPS zur Positionsbestimmung verwenden.

Precision RNAV (P-RNAV) fordert eine Genauigkeit von 1 NM als RNP. Ein P-RNAV zertifiziertes System darf zur Positionsbestimmung **kein** VOR/DVOR verwenden. P-RNAV ist allerdings noch nicht flächendeckend in Europa vorgeschrieben. Bestimmte Verfahren erfordern P-RNAV, sind dementsprechend gekennzeichnet und können nur von LFZ mit der entsprechenden Ausrüstung verwendet werden [38]. Der derzeitige Ausrüstungsstand der LFZ in Europa wird im folgenden Abschnitt behandelt.

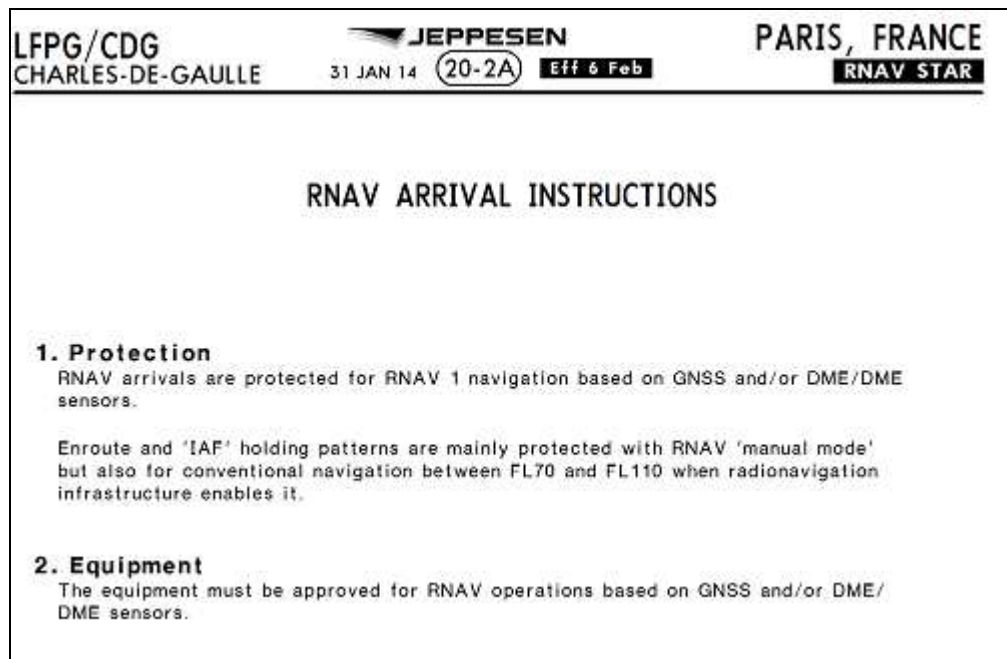


Abbildung 3-18:P-RNAV Arrival in Paris Charles-de-Gaulle [Quelle: Jeppesen]

3.3.5 Flugsicherungs-ausrüstungsverordnung

Je nach gewählter Flugregel (VFR – IFR) unterliegt das LFZ Regularien bezüglich seiner Mindestausrüstung. Um einen Flug in Deutschland durchzuführen gilt die „Verordnung über die Flugsicherungs-ausrüstung der Luftfahrzeuge FSAV“ [16]. Für das vorliegende Gutachten relevant ist die Ausrüstungsverordnung für den Instrumentenflug, §3 der FSAV. Demnach müssen LFZ unter anderem folgende Ausrüstung mitführen:

- Zwei Empfangsgeräte für die Signale von VOR Anlagen, wobei auf eines der Empfangsgeräte verzichtet werden kann, sofern ein RNAV-System vorhanden ist
- Ein DME Empfangsgerät (DME-Interrogator)
- Ein RNAV-System mit einer Navigationsleistung (RNP) von +/- 5 NM im deutschen Luftraum ab einer Höhe von FL 95. Hiervon kann in Ausnahmen abgewichen werden, wobei dies der Zustimmung der DFS bedarf, „soweit dadurch die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere die Sicherheit des Luftverkehrs und seine flüssige Abwicklung, nicht beeinträchtigt werden.“ [16]

Demnach ist davon auszugehen, dass sobald ein LFZ einen Flug über FL 95 in Deutschland durchführt, es mit einem B-RNAV System ausgerüstet ist. Wie bereits erwähnt, findet ziviler IFR-Luftverkehr in wesentlich größerer Höhe statt, was vor allem ökonomische Hintergründe hat (niedriger Luftwiderstand, niedriger Spritverbrauch, weniger Lärmemission am Boden). Ein interkontinentaler Flug als Beispiel wird in Höhen von über FL350 durchgeführt, aber auch regionale Flüge bewegen sich über FL95. Dies ist auch in der Luftraumstruktur in Deutschland begründet, da über FL95 alle Flugbewegungen der Flugsicherung bekannt sind und sie so uneingeschränkt für die Einhaltung der Sicherheitsabstände der LFZ untereinander Sorge tragen kann. Unter FL95 können sich auch LFZ befinden, die nach VFR fliegen, und welche der Flugsicherung nicht bekannt sind und so möglicherweise zu gefährlichen Annäherungen mit IFR-Verkehr führen können.

Für jeden IFR-Flug muss der Luftfahrzeugführer/Luffahrtunternehmer einen Flugplan aufgeben, damit der Flug den betroffenen Flugsicherungsanbietern *Aeronautical Service Provider* (ANSP) bekannt ist. Dieser enthält neben Flugstrecke, LFZ Typ, Höhe und geplante Ab- und Anflugzeit auch die mitgeführte Navigationsausrüstung.

Eine Untersuchung der EUROCONTROL hat mit Hilfe der aufgebenden Flugpläne für alle im Zeitraum vom Januar bis Juni 2013 erfassten Flüge in Europa ergeben, dass 96,5 % aller Luftfahrzeuge mindestens RNAV 5 oder besser erfüllten und 87,3 % aller Flüge mit GNSS ausgerüstet waren [24]. Diese Zahlen bestätigen eine im Jahr 2010 durchgeführte Umfrage der EUROCONTROL, bei denen Luftfahrtgesellschaften ihren Ausrüstungsstand der LFZ angeben sollten. Demnach waren 94 % aller angegebenen LFZ RNAV 5 fähig, 88 % RNAV 1 und 81 % mit GNSS ausgerüstet [23].

Demnach sind 96,5 % der Flüge mindestens B-RNAV fähig, welches mindestens VOR/DME als Sensor verwendet. VOR als primäres Navigationsinstrument ist kaum noch vertreten.

Im Jahr 2013 hat die DFS nach eigenen Angaben rund 2,95 Mio. Flugbewegungen kontrolliert [32]. Davon wurden laut Flugplanangaben 32.609 unter oder auf FL 95 durchgeführt, was einem Anteil von ca. 1,1% entspricht. Von diesen waren wissentlich an Hand der Angabe im Flugplan 9.743 Non-RNAV, d.h. sie führten keine Basis-Flächennavigationsausrüstung mit. Dies entspricht ca. 0,3% der insgesamt kontrollierten Flugbewegungen der DFS im Jahr 2013. Allerdings bleibt anzumerken, dass nur 17.579 Flugplänen zu entnehmen war, dass das LFZ mit einer Basis-Flächennavigationsausrüstung ausgerüstet war. Die Diskrepanz von 5.279 ergibt sich aus der Tatsache, dass bei in der Luft aufgegebenen Flugplänen keine Angabe über die Ausrüstung des LFZ gemacht werden müssen.

Würde man davon ausgehen, dass diese LFZ auch Non-RNAV sind, würde sich der Anteil auf ca. 0,5% der Gesamtflugbewegungen erhöhen. Dies wäre der Anteil der Flugbewegungen in Deutschland im Jahr 2013, die garantiert nicht in der Lage waren, Flächennavigationsverfahren zu verwenden und rein auf die konventionelle Funknavigation angewiesen waren. Allerdings können auch in speziell von der DFS genehmigten Ausnahmen Flüge über FL95 mit Non-RNAV durchgeführt werden, d.h. der Worst-Case Anteil an Non-RNAV läge bei etwas über 0,5%.

3.4 Flugverfahren

Um einen IFR Flug durchzuführen, muss sich der Luftfahrzeugführer neben der beschriebenen Streckennavigation auch an entsprechende Ab- und Anflugverfahren halten. Diese garantieren ihm zum einen bei IMC Bedingungen Hindernisfreiheit – da die Verfahren entsprechend berechnet und ausgelegt wurden – und zum anderen ist sein Flugweg voraussehbar, so dass die Flugsicherung Staffeln zu anderen LFZ garantieren kann. Zusätzlich treten mit immer weiter steigendem Verkehrsaufkommen Aspekte wie Lärm- und CO₂-Emission mehr und mehr in den Vordergrund, wie aktuelle Diskussionen über die Festlegung von Abflugrouten an großen Verkehrsflughäfen zeigen.

Die Abflugrouten führen das LFZ in das Luftstraßennetz – vergleichbar mit dem Netz an Autobahnen in Deutschland – und Anflugrouten führen das LFZ abgehend aus dem Luftstraßennetz zu den Endanflugverfahren am Zielflughafen. Dabei sollte beachtet werden, dass jeder Flughafen Ab- und Anflugverfahren in jede Richtung der vorhande-

nen Start- und Landebahn hat, da grundsätzlich gegen den Wind gestartet und gelandet wird.

3.4.1 Standard Instrument Departure Route

Die *Standard Instrument Departure Route* (SID) führt das LFZ direkt nach dem Abheben von der Piste zu einem Punkt des Luftstraßennetzes. Je nach aktueller Startrichtung und weiterführender Flugrichtung in Abhängigkeit vom Zielflughafen steht dem Luftfahrzeugführer eine Vielzahl an Abflugrouten zur Verfügung. Bis zu einer gewissen Flughöhe (Strahlflugzeuge ca. 6.000 ft über Grund, langsamere Propellerflugzeuge ca. 3.000 ft über Grund [12]) muss die SID eingehalten werden, erst dann darf der Lotse Direktfreigaben geben um den Flugweg zu verkürzen. Dies dient zum einem der Sicherstellung der Hindernisfreiheit aber auch dazu, die Lärmauswirkung am Boden zu mindern.

Abbildung 3-19 zeigt aufgezeichnete Flugverläufe des Abflugsektors am Flughafen Frankfurt am Main bei West-Abflügen. Erkennbar sind die verschiedenen Abflugrichtungen in Abhängigkeit der weiterführenden Route.

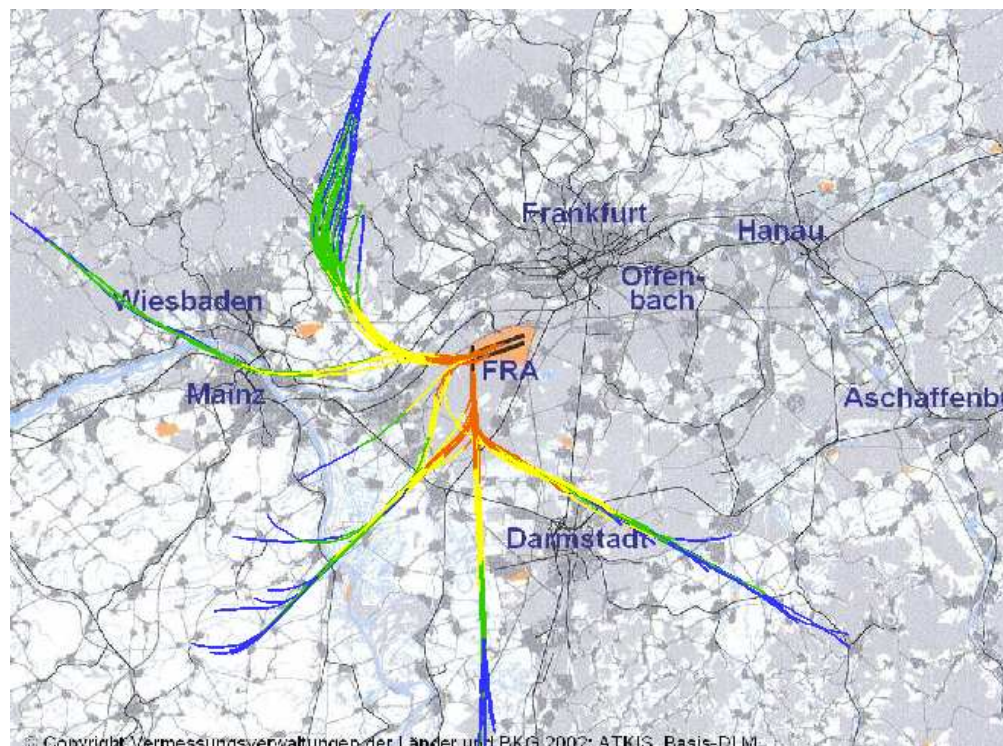


Abbildung 3-19: Abflugsektor Frankfurt/Main bei West-Traffic [Quelle: [18]]

Abflugrouten können entweder durch konventionelle Funknavigation oder durch RNAV gestützte *Waypoints* definiert werden. Funknavigationrouten können je nach Länge und Routenführung sehr kompliziert in der Ausführung sein und zu hoher Arbeitsbelastung im Cockpit führen.

Abbildung 3-20 zeigt die SID „LBE 1D“, LBE steht für den Endpunkt der Route – das VOR Elbe – 1D die Kennung und Revisionsnummer. Rot umrandet ist der beschreibende Text der SID. Die Route wird durch die Funknavigationshilfen GT (NDB), ALF (DME), WSR (VOR), HAM (VOR/DME) und LBE (VOR/DME) definiert. Der Luftfahrzeugführer muss nach dem Abheben zuerst auf Steuerkurs 151° weg vom NDB GT navigieren, bei einer Entfernung von 5 NM vom DME ALF rechts kurven auf das Radial

075° vom VOR WSR (aber in Gegenrichtung 255°) und anschließend bei einer Entfernung von 17 NM vom VOR/DME HAM wieder rechts kurven auf das Radial 141° vom VOR/DME LBE (aber in Gegenrichtung 321°). In schneller Abfolge müssen die entsprechenden Funknavigationshilfen gewählt werden, um die Einhaltung des Flugwegs genau der vorgegebenen SID entsprechend einzuhalten.

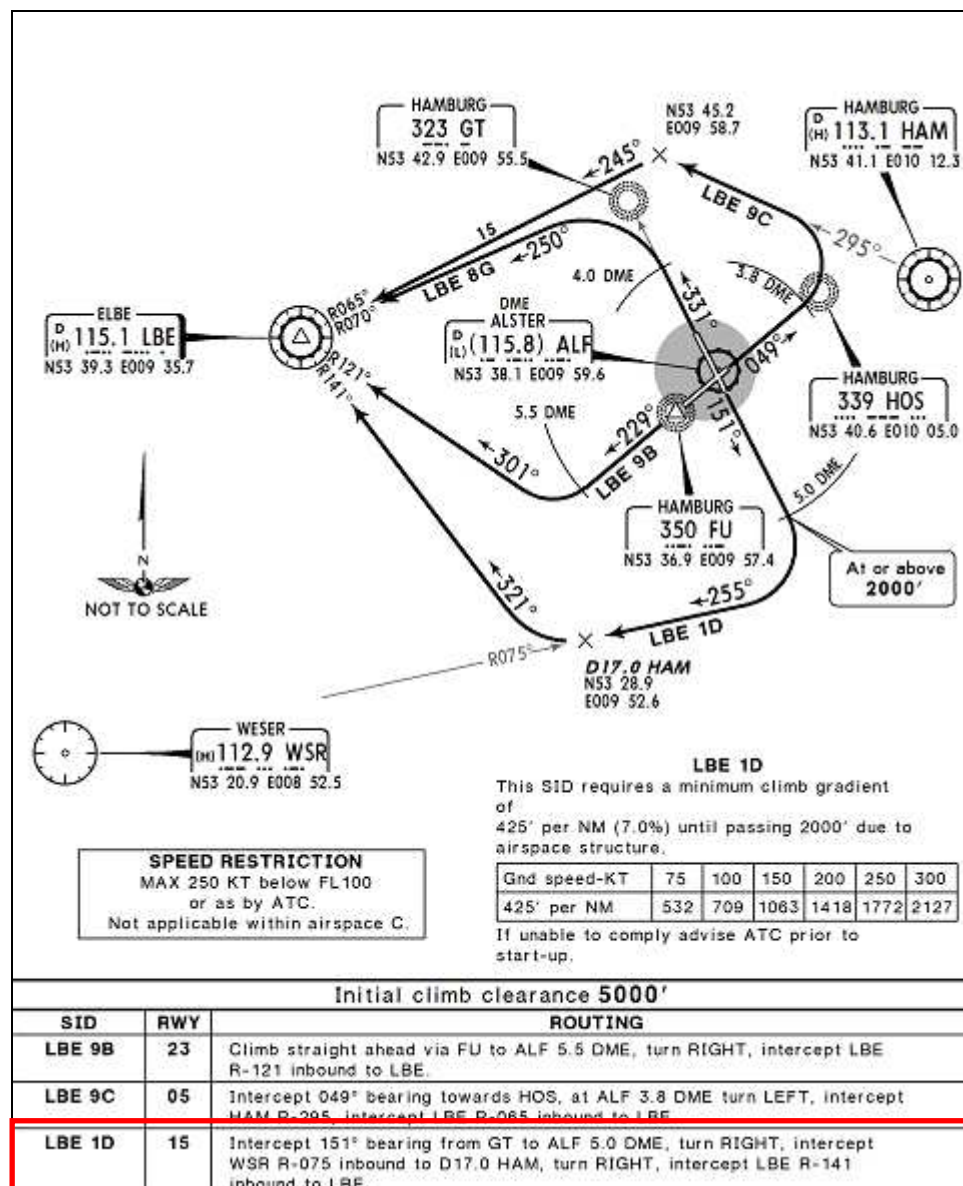


Abbildung 3-20: Abflugroute Hamburg LBE 1D [Quelle: Jeppesen]

Durch die Einführung von RNAV-Abflugrouten und entsprechender automatischer Flugführung konnte die Arbeitsbelastung des Luftfahrzeugführers entscheidend gesenkt und die Präzision bezüglich des tatsächlichen Flugwegs verbessert werden. RNAV-Abflugrouten werden meist als *Overlay* zu bereits bestehenden konventionellen SIDs geplant. Entscheidende Punkte, bei denen eine Kurve ein- bzw. ausgeleitet werden, sind als *Waypoints* definiert (vgl. Abbildung 3-21). Die aufgeführten Funkfeuer der SID (hier LBE) werden nicht in ihrer Funktion als konventionelle Funknavigationshilfe verwendet, sondern sind vielmehr nur eine Position für einen *Waypoint*. Natürlich sind die DVOR/VOR und DME weiterhin Bestandteil der Funknavigationsinfrastruktur, die zur

Aktualisierung der LFZ-Position durch das verwendete RNAV-System verwendet werden

RNAV-Abflugrouten sind in Deutschland als RNAV 5 Verfahren geplant, d.h. die geforderte Navigationsleistung (RNP) beträgt +/- 5 NM. Flugverfahren werden grundsätzlich im Luftfahrthandbuch *Aeronautical Information Publication (AIP)* von der DFS veröffentlicht. Dazu gibt es weitere Anbieter von Luftfahrtskarten wie Jeppesen oder Lufthansa LIDO.

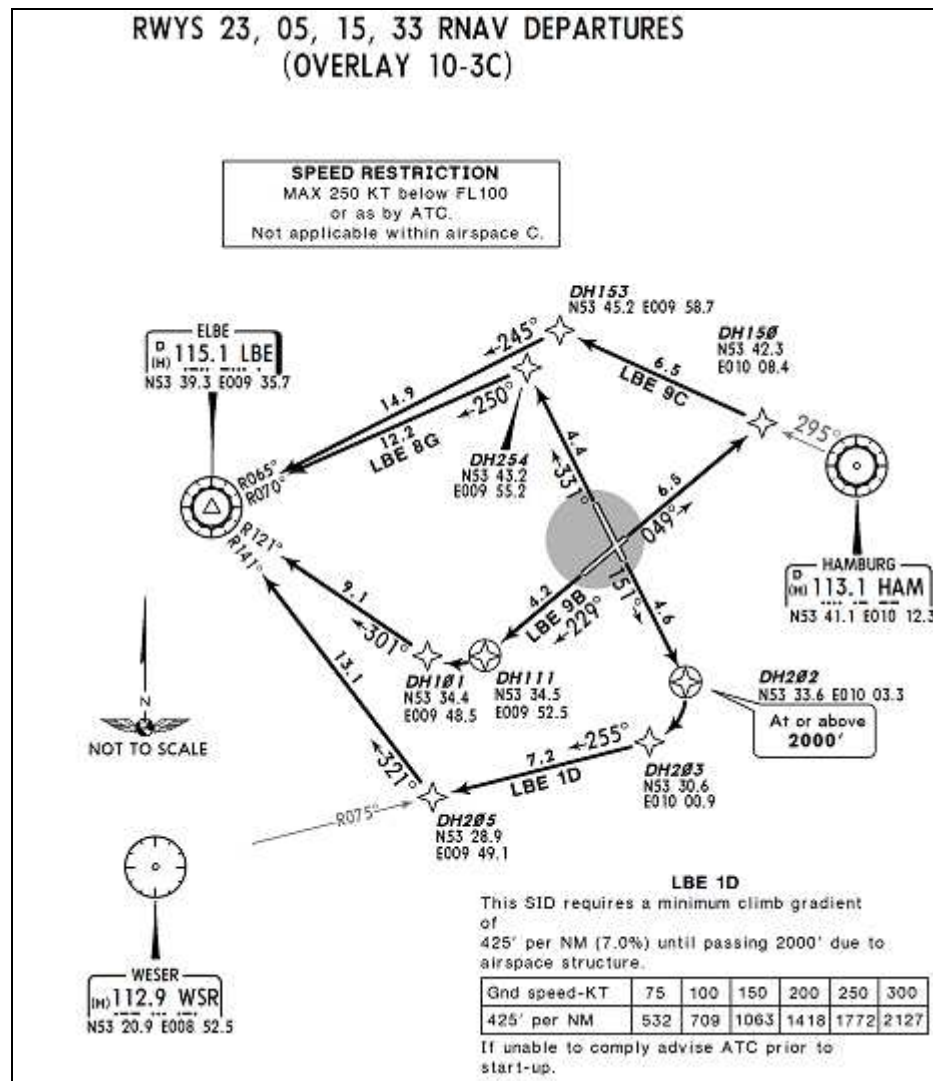


Abbildung 3-21:RNAV Overlay SID LBE 1D in Hamburg [Quelle: Jeppesen]

3.4.2 Air Traffic Service Routes

Air Traffic Service Routes (deutsch: Luftstraßen) dienen der Verkehrsführung der LFZ zwischen den Flughäfen weltweit. Zum einen gewährleisten sie die entsprechenden Sicherheitsabstände der LFZ zueinander, da der überwachende Fluglotse an Hand der im Flugplan aufgegeben ATS-Route den zu erwartenden Flugweg kennt. Zum anderen werden durch sie sensitive Gebiete wie Flugverbotszonen oder militärische Übungsflugräume umflogen, ohne dass der Fluglotse aktiv in die Flugführung der LFZ eingreifen muss.

ATS-Routen werden entweder durch konventionelle Funknavigationshilfen (DVOR/VOR, NDB, DME) oder durch *Waypoints* als RNAV-Routen definiert. Mit der

Einführung von RNAV-Routen konnte die vorhandene Kapazität des Luftraums entscheidend besser genutzt werden. Waren konventionelle ATS-Routen an die bodenseitig vorhandene Infrastruktur an Funknavigationshilfen gebunden, können RNAV-Routen frei gewählt und definiert werden. Ende der 90er Jahre wurde in Europa unter dem Namen EAM 04 ein flächendeckendes B-RNAV (RNP 5 NM) Streckennetz eingeführt. In Deutschland wurde die Umsetzung im Jahr 2001 abgeschlossen [35]. Abbildung 3-22 zeigt am Beispiel des Luftraums über dem VOR FFM in Frankfurt am Main die Streckenstruktur vor und nach der Umsetzung der EAM 04 Zielstruktur. Der Luftraum ist wesentlich effektiver genutzt, durch parallele Routen mit entsprechendem Abstand wird automatisch eine Staffelung zwischen den LFZ erreicht und die Kapazität des vorhandenen Luftraums wesentlich erhöht.

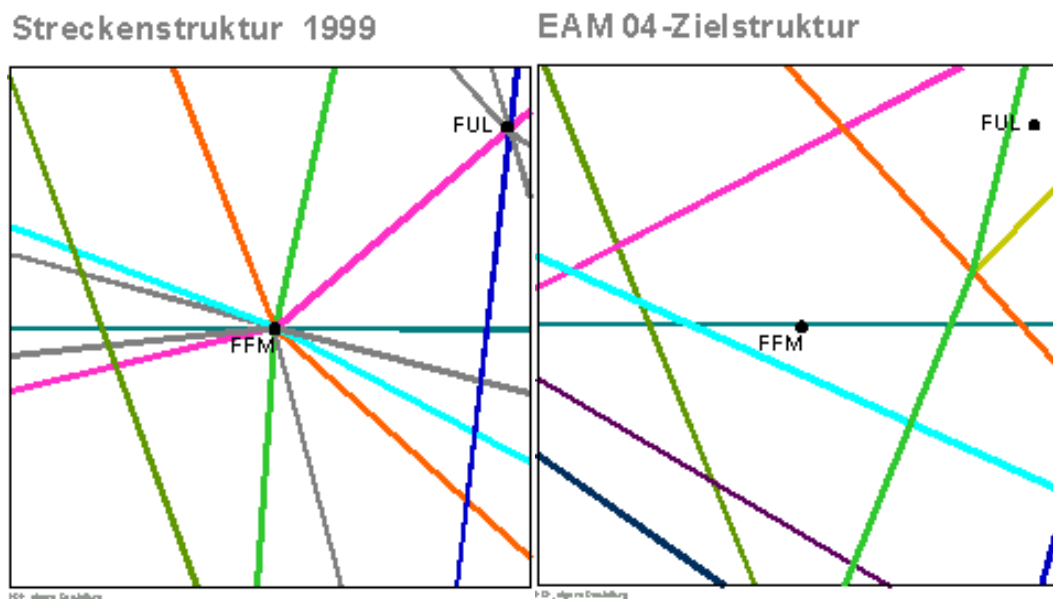


Abbildung 3-22: Vergleich konventionelle und RNAV Streckenführung [Quelle: [35]]

Alle ATS-Routen – konventionell oder RNAV – sind in der AIP Deutschlands im Part GEN.ENR veröffentlicht. In den letzten Jahren wurden in Deutschland alle verbliebenen konventionellen auf reiner Funknavigation basierenden Routen abgeschafft, so dass heute nur noch RNAV Routen existieren (siehe GEN.ENR 3.3 [13]). Alle RNAV-Routen in Deutschland sind mit RNP 5 NM geplant. LFZ ohne B-RNAV Ausrüstung (zugelassen nur bis FL 95) müssen bei der Flugplanaufgabe durch entsprechende Kennzeichnung darauf hinweisen und eine Flugstrecke wählen, die prinzipiell auf der Streckenführung einer ausgewiesenen RNAV-Route basiert und dieser mit konventionellen Funknavigationshilfen folgen [17].

3.4.3 Standard Terminal Arrival Route

Eine *Standard Terminal Arrival Route* (STAR) führt das LFZ aus dem ATS-Routennetz kommend in Richtung des Ablaufpunktes (*Initial Approach Fix - IAF*) für den Endanflug zur Landung am Zielflughafen. Startpunkt der STAR ist ein Punkt auf einer ATS-Route, Endpunkt das IAF, an dem der Anflug beginnt. Eine STAR ist wesentlich einfacher aufgebaut als eine SID und wird für die Zusammenführung des Verkehrs am IAF verwendet, um eine Vorstaffelung des Verkehrs für den Anflug zu gewährleisten.

Manche Abschnitte der Anflugrouten sind noch mit konventioneller Funknavigation zu erfüllen, manche Abschnitte benötigen B-RNAV Ausrüstung und sind dementspre-

chend gekennzeichnet (vgl. Punkt 8. Abbildung 3-23). Vom IAF führen zum Beginn des Endanflugs, dem *Final Approach Fix* (FAF), sogenannte RNAV-Transitions, welche GNSS oder ein FMS mit Datenbank benötigen [14]. LFZ ohne oder mit einer B-RNAV Ausrüstung, die eine manuelle Eingabe der Wegpunkte bedarf, werden vom IAF mit Hilfe von vorgegebenen Steuerkursen (*Radar Vectors*²) durch den Fluglotsen zum FAF geführt.

² Radar Vectors: Der Fluglotse kann dem LFZ unabhängig der Strecke im aufgegebenen Flugplan individuelle Steuerkurse anweisen, um kurzfristig für Staffelung oder der Verkürzung des Flugwegs zu sorgen. Das LFZ muss diesem Kurs folgen, bis der Fluglotse den Radar Vektor wieder aufhebt und die Navigation nach allgemeinen Flugverfahren (ATS-Routen, SID, STAR, Endanflug) genehmigt

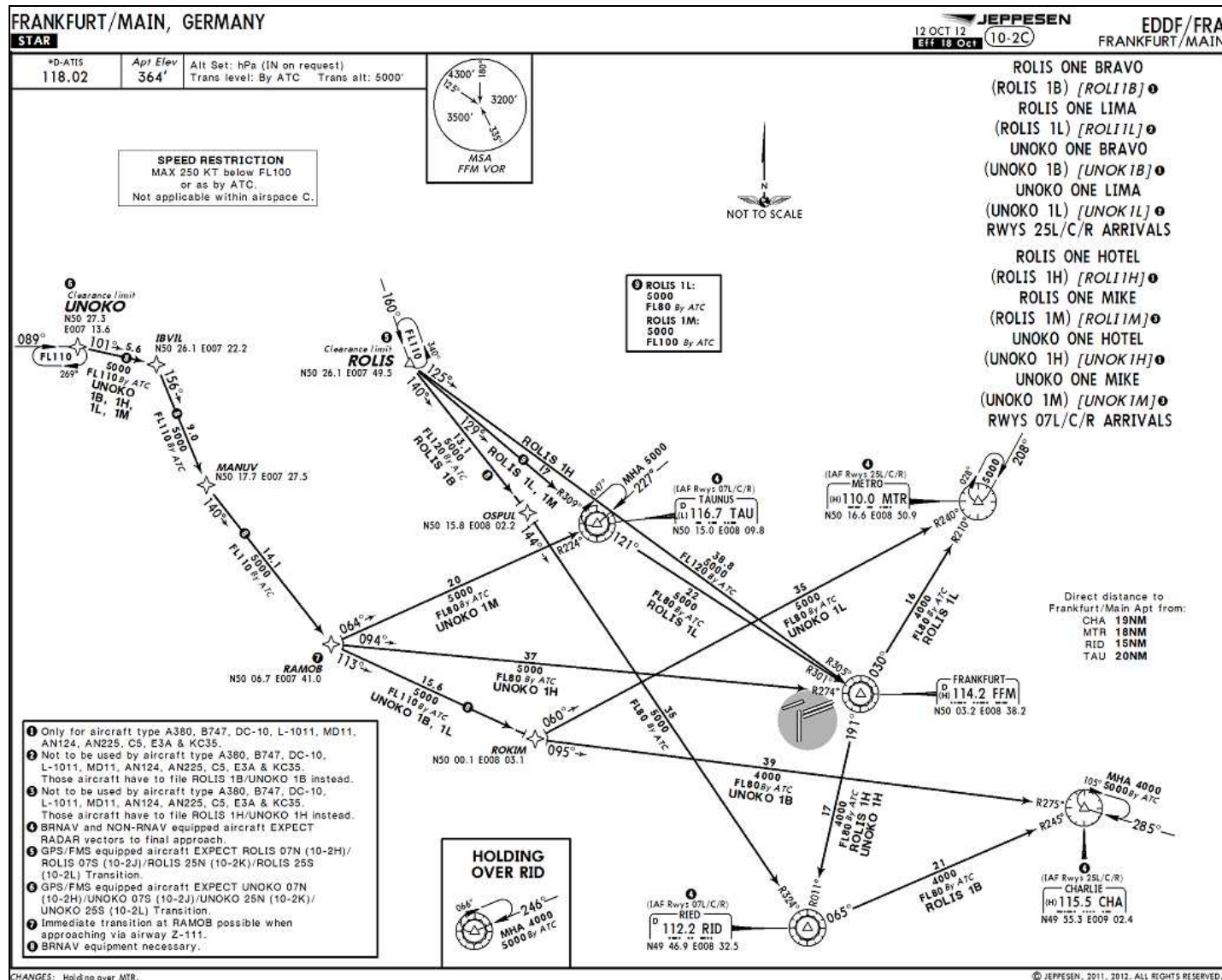


Abbildung 3-23: Anflugkarte Flughafen Frankfurt/Main [Quelle: Jeppesen]

Anflugrouten werden nicht wie Abflugrouten konsequent nach konventioneller Funknavigation oder RNAV unterschieden. Dies liegt historisch bedingt an der unterschiedlichen Flugführung seitens des Fluglotsen. Lässt man auch heute noch das LFZ nach dem Start grundsätzlich erst einmal seiner Abflugroute folgen, hat sich die Flugführung seitens des Fluglotsen im Anflug in den letzten zehn Jahren sehr gewandelt.

An großen Verkehrsflughäfen wurde der Verkehr durch relativ kurze STARs in Richtung der IAF zusammengeführt. Ab dem IAF übernahm der Anfluglotse mit Hilfe von *Radar-Vectors* die manuelle Kontrolle über die Flugführung der LFZ und baute sich seine Anflugreihenfolge entsprechend der vorhandenen Kapazität auf. Die LFZ wurden in die beiden Gegenanflüge geführt, parallel und entgegengesetzt der aktuellen Anflugrichtung. Von dort führte der Anfluglotse die Luftfahrzeuge mit entsprechenden Abständen und Kursanweisungen auf den finalen Endanflug zur Landung am Zielflughafen (vgl. Abbildung 3-24). Dies erforderte eine hohe Anzahl an Funkanweisungen und führte zu einer hohen Arbeitsbelastung des Fluglotsen.

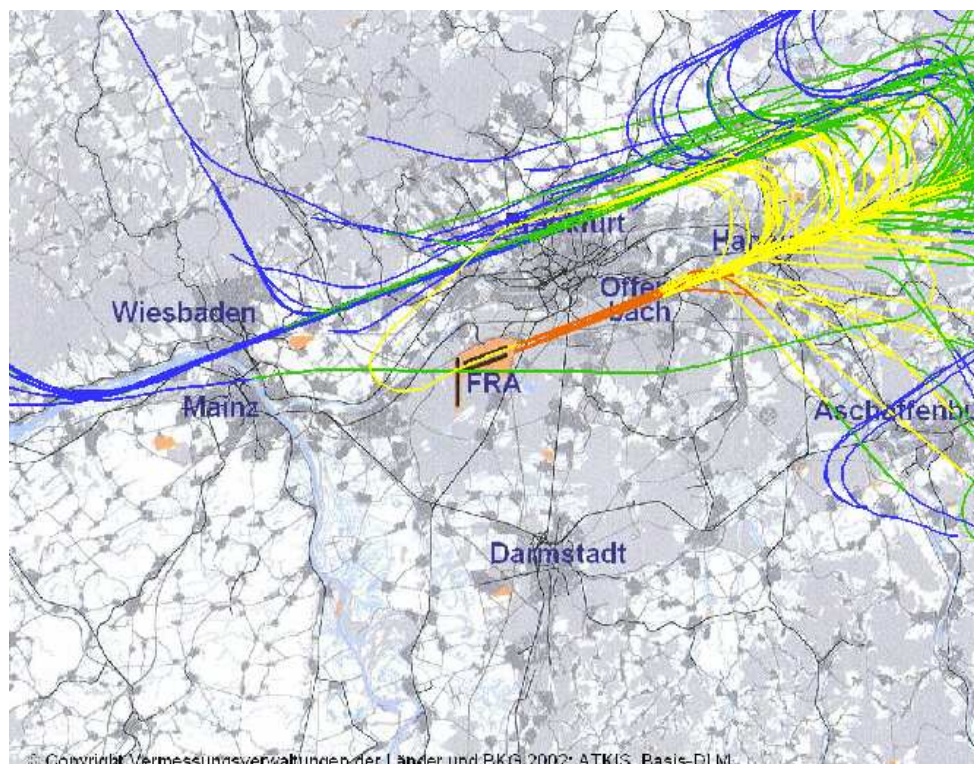


Abbildung 3-24: Anflugsektor Flughafen Frankfurt/Main bei West-Traffic [Quelle: [18]]

Mit steigender Navigationsleistung – ein modernes Verkehrsflugzeug wie ein Airbus A320 erreicht heute schon Navigationsleistungswerte von +/- 0,01 NM bezüglich der Einhaltung des Flugwegs – konnten RNAV-Transitions eingeführt werden, welche die Arbeitsweise des Anfluglotsen im Prinzip abbilden und seine Arbeitsbelastung entscheidend verringern (vgl. Abbildung 3-25). Für die Verwendung von RNAV-Transitions ist in Deutschland GPS oder ein FMS als Ausrüstung verpflichtend. Eine verhältnismäßig geringe Anzahl an LFZ können diese Ausrüstungsvorschrift heute noch nicht erfüllen und benötigen konventionelle Funknavigationshilfen wie ein DVOR/VOR und *Radar-Vectors* seitens der Flugsicherung im Anflug (vgl. 3.3.5, laut EUROCONTROL-Studie 87,3% aller LFZ mit GNSS).

Die ankommenden LFZ werden direkt aus dem ATS-Streckennetz zum Beginn einer RNAV-Transition geführt, folgen ihr und beginnen an ihrem Ende mit dem Endanflug. Die mit konventionellen Funknavigationshilfen gestützten Verfahren dienen allerdings noch als Back-Up für GPS/RNAV Verfahren.

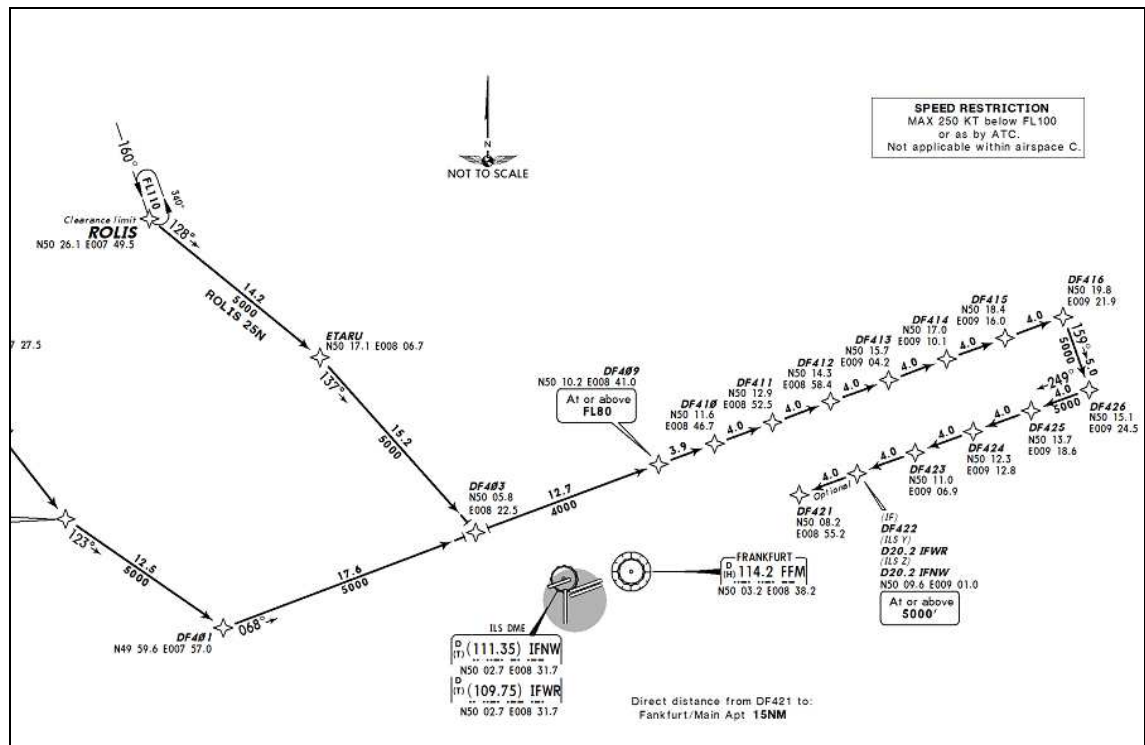


Abbildung 3-25: ROLIS RNAV-Transition Flughafen Frankfurt/Main West Traffic [Quelle: Jeppesen]

3.4.4 Endanflug und Fehlanflug

Der Endanflug *Final Approach* führt das LFZ vom FAF zur Landebahn. Das jeweilige FAF liegt bei ca. 10 NM genau in Landebahnausrichtung, so dass der Endanflug ohne Richtungsänderung durchgeführt werden kann. Dies führt zum klassischen Bild eines Flughafennahbereichs, bei dem die LFZ wie an einer Perlenkette aufgereiht Richtung Aufsetzpunkt auf der Landebahn fliegen.

Der Endanflug kann durch verschiedene Funknavigationshilfen definiert werden. Der sogenannte *Non-Precision Approach* (NPA) wird durch ein NDB oder DVOR/VOR und ein DME definiert. Das DVOR/VOR oder NDB dient dabei der lateralen Flugführung und muss in der Verlängerung der Anfluggrundlinie liegen, so dass der Anflug auf einem Radial hin oder weg von diesem durchgeführt werden kann. Eine vertikale Flugführung ist in diesem Sinne nicht vorhanden (daher die Bezeichnung Non-Precision Approach), mit Hilfe des DME wird der Verlauf auf dem vorgegeben Sinkprofil – weltweit meist 3° - und den dazugehörigen Höhen verglichen und der Sinkflug gegebenenfalls korrigiert (vgl. Abbildung 3-26, rot markiert). Zum einen führt dies zu einer hohen Arbeitslast im Cockpit, aber auch zu einer sehr unpräzisen Annäherung an den Aufsetzpunkt. Die vorgeschriebene Mindesthöhe der Wolkenuntergrenze, d.h. der Punkt an dem der Luftfahrzeugführer die Landebahn sehen sollte, ist vergleichsweise mit anderen Anflugtypen am höchsten.

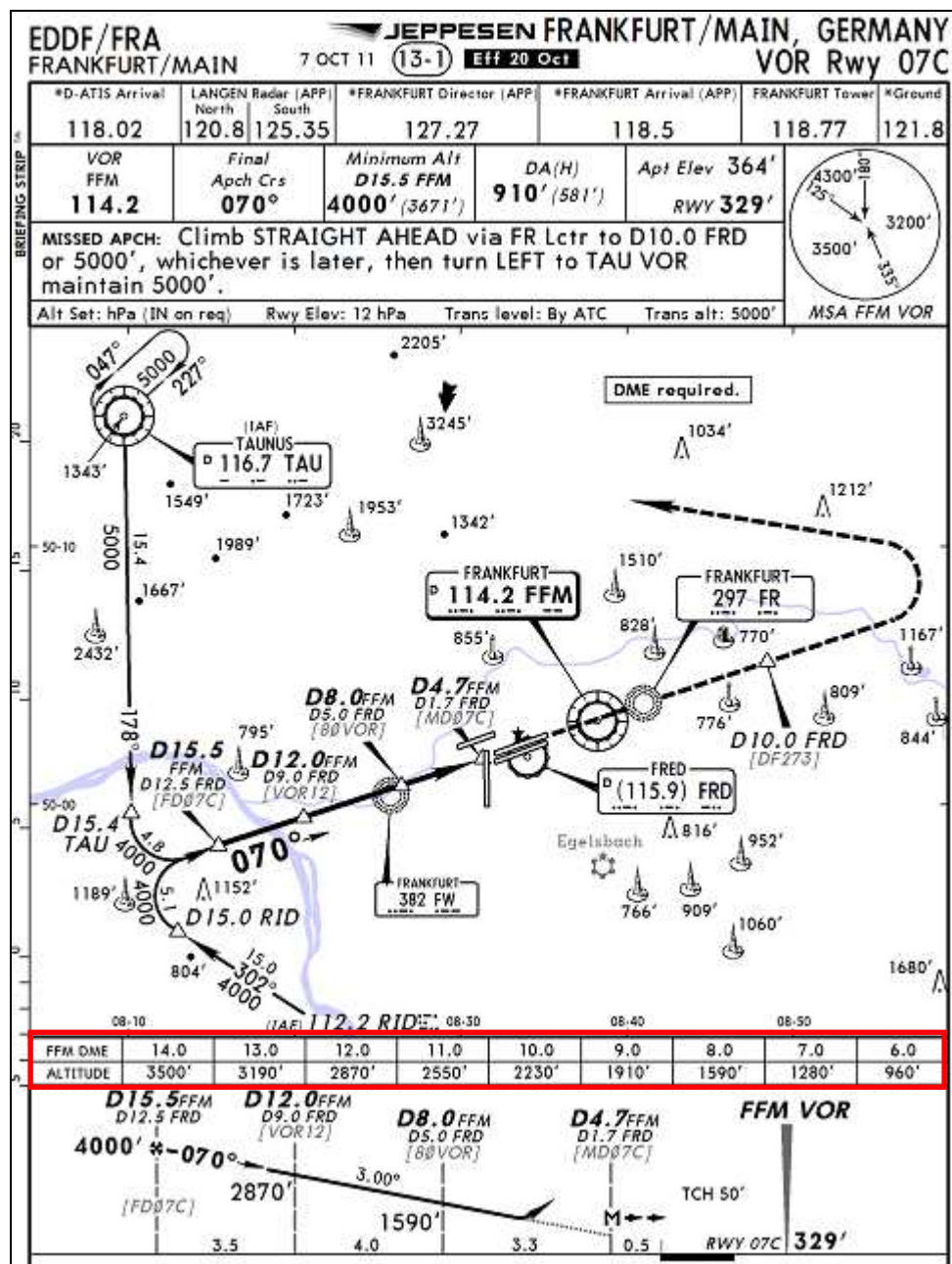


Abbildung 3-26: VOR/DME Approach am Flughafen Frankfurt/Main [Quelle: Jeppesen]

NPA mit Hilfe von DVOR/VOR finden in Deutschland nur noch selten Anwendung. NPA können auch durch GPS definiert werden, und benötigen somit keine Bodeninfrastruktur. Das weltweit meist genutzte Anflugsystem ist das *Instrument Landing System*, welches als *Precision-Approach (PA)* gilt. Es besteht aus dem Localizer (LLZ) am Ende der Landebahn für die laterale Flugführung und dem Glideslope (GS) für die vertikale Flugführung, installiert neben der Aufsetzzone. Auf Grund der lateralen und vertikalen Flugführung ist die geforderte minimale Wolkenuntergrenze niedriger, als beim NPA. Das ILS ist so präzise, dass es auch für eine vollautomatische Landung verwendet werden kann, wobei hier der Flughafenbetreiber bestimmte weitere Kriterien erfüllen muss (Sicherheitsbereiche um LLZ und GP, Back-Up Systeme, spezielle Anflugbefehle etc.).



Abbildung 3-27: Glideslope Antenne



Abbildung 3-28: Localizer Antenne

Bei einem Abbruch des Anflugs muss der Luftfahrzeugführer dem ausgewiesenen Fehlanflugverfahren *Missed Approach Procedure* folgen. Dieses kann durch klassische Funknavigationshilfen (DVOR/VOR, NDB, DME) oder über *Waypoints* als RNAV Verfahren definiert werden. Abbildung 3-29 zeigt die Anflugkarte für den ILS-Anflug am Flughafen Frankfurt/Main auf die Piste 07 links. Die gestrichelte Linie ist das Fehlanflugverfahren, welches hier durch das VOR Frankfurt FFM und das VOR Taunus TAU definiert wird. Rot umrandet ist der Text, der die Navigation des Fehlanflugverfahrens beschreibt.

Bei Ausfall oder Wartungsarbeiten und dadurch bedingter Abschaltung der jeweiligen Funknavigationanlage (vgl. Abbildung 3-29, z.B. TAU VOR) kann der Fluglotse ein individuelles Fehlanflugverfahren definieren und den Luftfahrzeugführer mit Hilfe von *Radar Vectors* entsprechend führen.

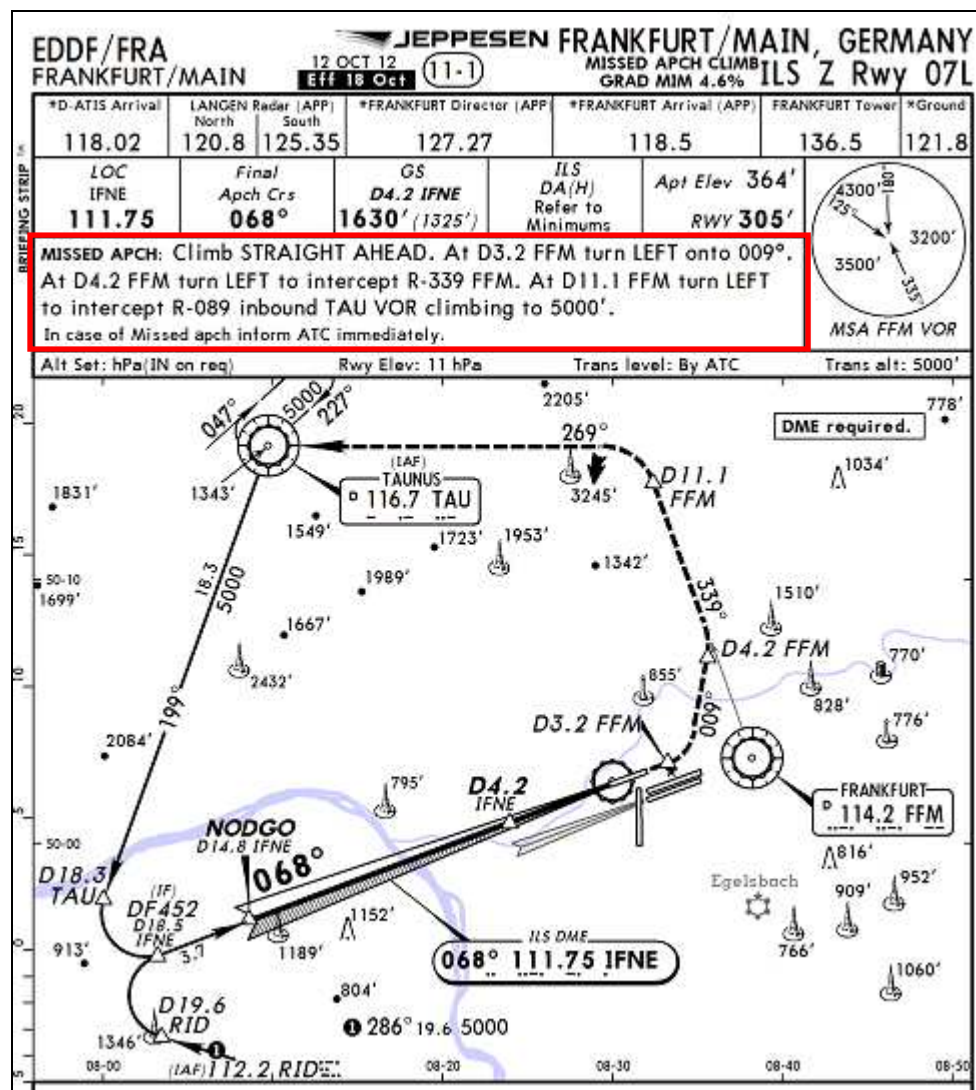


Abbildung 3-29: ILS Anflug mit Fehlanflugverfahren Flughafen Frankfurt/Main [Quelle: Jeppesen]

3.5 Verfahrensplanung

Navigationsverfahren müssen nach genau festgelegten Kriterien in Abhängigkeit der verwendeten Navigationsinfrastruktur (konventionelle Funknavigation, RNAV, GNSS) geplant und veröffentlicht werden. Das wichtigste Entwurfskriterium bei der Verfahrensplanung ist die Hindernisfreiheit – gerade im An- und Abflug. Daneben bestimmen jedoch zahlreiche weitere Faktoren wie Verkehrsfluss, Staffelung, Fluglärm und vorhandene Luftraumkapazität die Planung der Verfahren. Das wichtigste Regelwerk für die Auslegung von Instrumentenflugverfahren ist ICAO Doc 8168 „PANS-OPS Volume II Construction of Visual and Instrument Flight Procedures“ [56]. Hier erfolgen genaue Definitionen bezüglich Konstruktion von Navigationsverfahren, Einfluss der verwendeten Navigationseinrichtungen auf die Größe der Hindernisfreiflächen und Anforderungen bezüglich Genauigkeit und Vorhandensein der Navigationsanlagen.

Bei **konventionellen Funknavigationsverfahren** werden folgende Anforderungen an DVOR/VOR bezüglich Gesamtsystemgenauigkeit für 95% der Gesamtzeit gestellt:

	VOR ¹
System use accuracy of facility NOT providing track	+/- 4.5°
System use accuracy of facility providing track	+/- 5.2°

Tabelle 3-1: Anforderungen bezüglich Winkelfehler DVOR/VOR [Quelle: [56]]

Die Unterscheidung zwischen „*providing track*“ und „*not providing track*“ stellt die unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten der Funknavigationshilfe dar. Zum einen kann ein VOR-Radial zur direkten Kursführung auf das VOR zu oder weg verwendet werden – Genauigkeit +/- 5,2°. Zum anderen kann ein Radial zur Definition eines bestimmten Punktes verwendet werden, an dem z.B. eine Kurve eingeleitet werden soll – Genauigkeit +/- 4,5°. Die Werte basieren auf den technischen Anforderungen des ICAO Annex 10 [53] bezüglich konventioneller Funknavigationshilfen. Die Zusammensetzung des Gesamtfehlers wird in Abschnitt 3.6 genau erläutert.

Auf Basis dieser Anforderungen werden alle konventionellen Flugverfahren durch die Verfahrensplanung konstruiert. Der Verfahrensplaner kann mit dem von ihm zu erwartenden Gesamtfehler der Navigationseinrichtung (vgl. Tabelle 3-1) die sogenannten *Fix Tolerance Areas* berechnen – der Bereich, in dem das LFZ auf Grund von Fehlern in der Flugführung (Luftfahrzeugführer, Funknavigationshilfe) zu erwarten ist – und die entsprechenden Hindernisfreiflächen bestimmen, um die Sicherheit der LFZ zu gewährleisten.

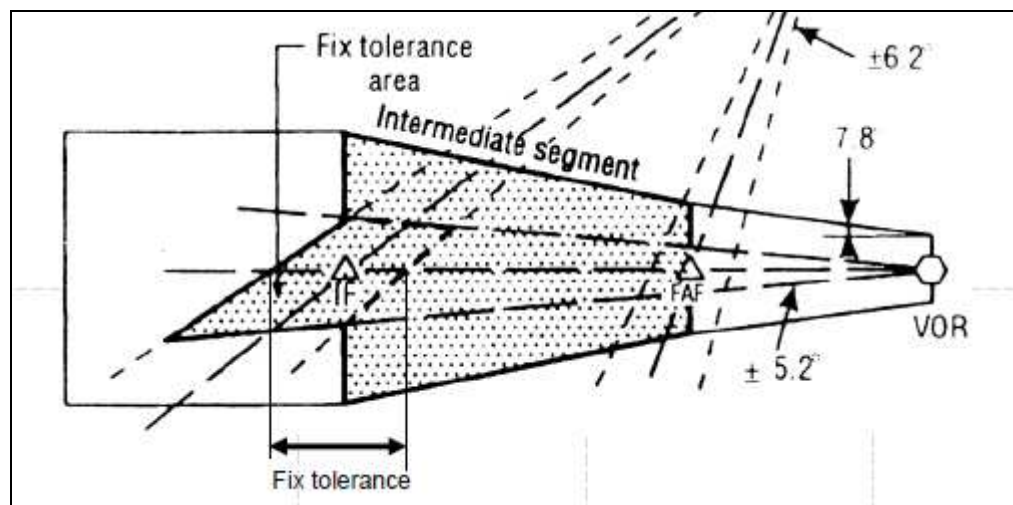


Abbildung 3-30: Fix Tolerance Areas VOR [Quelle:[56]]

Für die Konstruktion von **RNAV-Verfahren** gelten grundsätzlich die Anforderungen aus den Spezifikationen bezüglich RNAV-Systeme – eine Gesamtnavigationsleistung von +/- 5 NM für B-RNAV (RNAV 5) und +/- 1 NM für P-RNAV (RNAV 1). Der Verfahrensplaner kann hieraus schließen, in welchem Gebiet sich das LFZ entlang des geplanten Flugweges befindet. Für die verschiedenen Sensor-Kombinationen (VOR/DME, DME/DME, IRS, GNSS) stellt ICAO PANS-OPS Vorgaben bezüglich Genauigkeit, Verfügbarkeit etc. auf, um die entsprechende Hindernisfreiheit auf den Verfahrenen zu gewährleisten. Daraus erfolgt die Berechnung der Hindernisfreiflächen.

Part III Chapter 4 der PANS-OPS gibt bezüglich der Verwendung von VOR/DME für RNAV-Verfahren folgende Vorgaben:

- Da auf Grund der Navigationscomputer-Algorithmen (vgl. 3.3.3) nicht bekannt ist, welches DVOR/VOR und DME für eine Aktualisierung der LFZ-Position verwendet wird, muss eine entsprechende Abdeckung bodenseitig gewährleistet sein. Das LFZ soll nicht weiter als **60 NM von einem VOR und 75 NM von einem DVOR** entfernt sein.
- Der Gesamtwinkelfehler jedes einzelnen DVOR/VOR für die Verwendung in RNAV soll für 95% der Zeit +/- 4,5° nicht überschreiten. Dies entspricht den Anforderung „*not providing track*“ bezüglich Planung konventioneller Verfahren mit DVOR/VOR [vgl. Tabelle 3-1].

Alle Vorgaben bezüglich maximaler Winkelfehler der DVOR/VOR basieren auf den Vorgaben seitens der technischen Dienste, welche für das Betreiben der Navigationsanlagen verantwortlich sind. Maßgeblich hierfür ist der ICAO Annex 10, Volume 1, Radio Navigation Aids [53], sowie weitere Dokumente, welche im folgenden Abschnitt erläutert werden.

Für die Verfahrensplanung ist die Zusammensetzung des Fehlers einer Funknavigationshilfe irrelevant. Sie benötigt einen verlässlichen Gesamtwert – welcher seitens der Technik nachgewiesen werden muss – auf dem basierend die Planung von Flugverfahren durchgeführt werden kann. Dementsprechend gelten für unterschiedliche Verfahren auch entsprechende Anforderungen an die Navigationsausrüstung des LFZ, um das jeweilige Verfahren verwenden zu dürfen. Eine Veränderung des Gesamtfehlers hat somit direkte Auswirkung auf die Verfahrensplanung, z.B. die Berechnung der Hindernisfreiflächen.

Bei der Nutzung einer Navigationshilfe außerhalb von festgelegten Flugverfahren gelten keine Anforderungen bezüglich Winkelfehler seitens der Verfahrensplanung. Diese Situation tritt allerdings nur auf, wenn das LFZ keinen ATS Routen (in Deutschland nur RNAV) auf Grund fehlender RNAV Ausrüstung folgen kann. Dies ist in Deutschland, wie bereits erwähnt, nur bis FL95 zugelassen (vgl. 3.4.2). Der Luftfahrzeugführer verlässt sich dann auf die seitens der Technik angegebenen Werte bezüglich Genauigkeit der von ihm verwendeten Navigationshilfen (siehe folgender Abschnitt), erhält dabei allerdings Unterstützung durch die Flugsicherung, die mit Hilfe von Radarüberwachung seinen Flugweg kontrollieren kann.

3.6 Fehlerbudget DVOR/VOR

Die in 3.5 genannten Annahmen bzw. Forderungen bezüglich Gesamtgenauigkeit *System Use Accuracy* für DVOR/VOR seitens der Verfahrensplanung (auf Basis des ICAO Doc 8168 PANS-OPS) setzen sich aus folgenden Bestandteilen zusammen [56]:

- *Ground System Tolerance*
Der Fehler des VOR-Signals im Raum am Ort der Empfangsantenne am LFZ
- *Airborne Receiving Tolerance*
Störungsbeitrag durch den Bordempfänger
- *Flight Technical Tolerance*
Störungsbeitrag durch die Trägheit des LFZ bzw. Luftfahrzeugführer

Tabelle 3-2 zeigt die Werte, auf denen die Forderungen seitens der Verfahrensplanung für die *System Use Accuracy* beruhen. Der Gesamtfehler berechnet sich aus der Wurzel der Summe der Quadrate der einzelnen Werte. Der Unterschied zwischen „*providing track*“ und „*not providing track*“ resultiert aus der nicht-Beachtung der *Flight Technical Tolerance*. Wie bereits in 3.5 beschrieben wird bei „*not providing track*“ der VOR-Radial nicht zur Kursführung verwendet, so dass die Trägheit des LFZ bzw. Luftfahrzeugführers keinen Einfluss auf den Gesamtfehler hat.

The values in Table I-2-2-1 are the result of a combination, on a root sum square basis, of the following tolerances	VOR
a) ground system tolerance	+/- 3.6°
b) airborne receiving tolerance	+/- 2.7°
c) light technical tolerance ²	+/- 2.5°

Tabelle 3-2: Fehleranteile für Gesamtwinkelfehler *System Use Accuracy* DVOR/VOR [Quelle: [56]]

Diese Fehleranteile basieren auf Angaben seitens der technischen Dienste und finden sich dementsprechend im ICAO Annex 10, Vol. 1, Radio Navigation Aids und im Annex 11, Air Traffic Services wieder. Beide Regelwerke stehen in der Hierarchie der ICAO-Dokumente an höchster Stelle (*Standard and Recommended Practices SARPs*). ICAO Annex 10 nennt folgende Fehleranteile zur Berechnung der *VOR System Use Accuracy*:

- VOR *Radial Signal Error* (Eg)
Entspricht der *Ground System Tolerance*
- VOR *Airborne Equipment Error* (Ea)
Entspricht der *Airborne Receiving Tolerance*
- VOR *Pilotage Element* (Ep)
Entspricht der *Flight Technical Tolerance*

Der Gesamtfehler berechnet sich folgendermaßen:

$$\text{VOR System Use Accuracy} = \sqrt{Eg^2 + Ea^2 + Ep^2}$$

Als einzige verbindliche Vorgabe seitens ICAO Annex 10 gilt für den Anlagenfehler *Ground Station Contribution +/- 2°*:

3.3.3.2 The ground station contribution to the error in the bearing information conveyed by the horizontally polarized radiation from the VOR for all elevation angles between 0 and 40 degrees, measured from the centre of the VOR antenna system, shall be within plus or minus 2 degrees.

Tabelle 3-3: Anlagenfehler nach ICAO Annex 10 [Quelle: [53]]

Der Anlagenfehler ist Bestandteil des *Radial Signal Errors*, welcher sämtliche Fehler des Signalwegs enthält – Anlage, Gelände, Mehrwegausbreitung.

Mehrwegausbreitung bedeutet die Reflexion der ausgesandten VOR-Signale an Objekten wie z.B. WEAs und dem daraus resultierenden zusätzlichen Empfang im VOR-Empfänger im LFZ. Durch die Überlagerung mit dem eigentlichen direkt empfangenen VOR-Signal kann es zu einer falschen Anzeige im LFZ kommen (Winkelfehler).

Abbildung 3-31 zeigt die Zusammensetzung des Gesamtfehlers *VOR System Use Accuracy* mit:

- 1b VOR Radial Signal Error
- 1a VOR Ground Station Contribution
- 2 VOR Airborne Equipment Error
- 3 VOR Pilotage Element

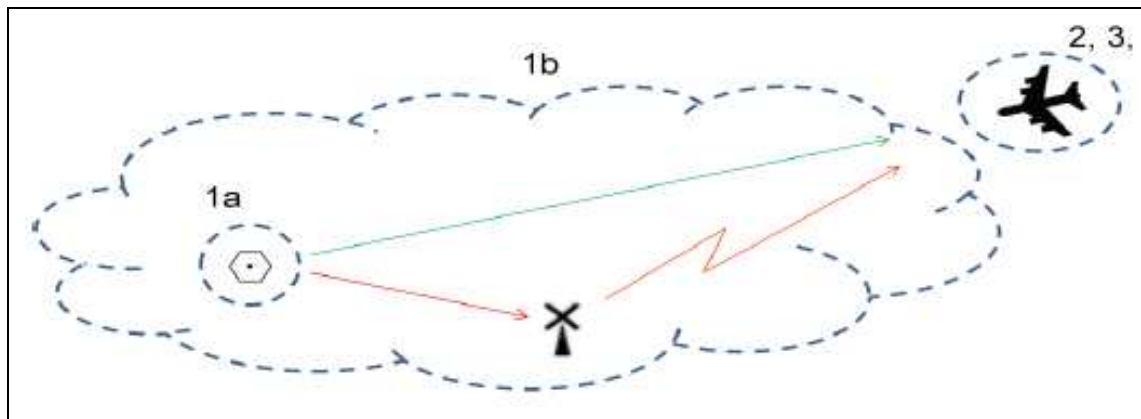


Abbildung 3-31: Zusammensetzung *VOR System Accuracy* [Quelle: [10]]

Eine genaue Vorgabe über die Berechnung des *Radial Signal Errors* gibt ICAO Annex 10 nicht. Eine denkbare und mathematisch/physikalisch begründbare Variante wäre auch hier die Methode der Wurzel aus der Summe der Quadrate der Einzelkomponenten (*Root-Sum-Square* RSS) [61]. Diese Variante wird so auch von einigen Gutachtern verwendet:

Radial Signal Error=

$$\sqrt{\text{Ground Station Contribution}^2 + \text{Mehrwegausbreitung}^2 + \text{weitere Anteile}^2}$$

Die DFS verwendet hier allerdings einen anderen Ansatz unter der Annahme, dass sich die *Ground Station Contribution* nicht statistisch unabhängig zu den anderen Störungsbeiträgen wie z.B. Mehrwegausbreitung verhält [10]. Die Auswirkung auf den *Radial Signal Error* wird als vielmehr linear unterstellt, was zu folgender Berechnungsformel führt:

Radial Signal Error=

$$\text{Ground Station Contribution} + \sqrt{\text{Mehrwegausbreitung}^2 + \text{weitere Anteile}^2}$$

Der Fehleranteil hervorgerufen durch den Aufbau von WEA (Mehrwegausbreitung) hat somit einen anderen Anteil am Gesamtfehler, als in der zuvor beschriebenen Formel

Eine weitere wissenschaftlich vertretene Meinung ist, dass die genaue Zusammensetzung des *Radial Signal Errors* auf Grund seiner Komplexität nicht durch einfache mathematische Näherungen beschrieben werden kann, und Vereinfachungen bezüglich Umgebung und Welleneigenschaften das Ergebnis erheblich verfälschen. Eine Berechnung des Einflusses durch Mehrwegausbreitung auf den Radial Signal Error kann auf diese einfache Weise nicht erfolgen [20].

Eine einheitliche Meinung bezüglich des Anteils der Mehrwegausbreitung und des direkten Anlagenfehlers ist nicht ersichtlich und wird seitens der verschiedenen Gutach-

ter und der DFS unterschiedlich ausgelegt und diskutiert. Eine Bewertung der Diskussion erfolgt durch das vorliegende Gutachten nicht, da im Rahmen der operativen Betrachtung nur der voraussichtliche Gesamtfehler ausschlaggebend ist, da er im Gesamten für eine Abweichung vom vorgegebenen Flugweg relevant ist.

Für den *Radial Signal Error* macht der ICAO Annex 10 keine verbindliche Vorgabe bezüglich eines Maximalwerts, sondern gibt eine Vorgabe von $\pm 3^\circ$ als typischen Wert, der in der Realität oft erreicht und gemessen wurde. Dieser liegt damit unter dem Wert der Verfahrensplanung von $\pm 3,6^\circ$, welcher in den „PANS-OPS“ als *Ground System Tolerance* angegeben ist (vgl. Tabelle 3-3). ICAO DOC 8071 „*Testing of Radio Navigation Aids*“ wiederum definiert mit einer 95% Wahrscheinlichkeit $\pm 3,5^\circ$ als Grenze für den *Radial Signal Error*. Dieser Wert gilt nur für die Nutzung entlang von Radialen (vgl. „*providing track*“) bei sogenannten „*Bends*“, denen ein LFZ folgen kann. Eine Betrachtung einer nicht-radialen Nutzung erfolgt nicht. Aus diesem Grund wird seitens der DFS dieser Wert abgelehnt [vgl. Anlage 1, Abschnitt 3., [10]]. Auch hier gibt es verschiedene Meinungen seitens unabhängiger Gutachter und der DFS bezüglich der Interpretation der ICAO Dokumente. Die DFS verwendet $\pm 3^\circ$ als Grenzwert (vgl. Anlage 1, Abschnitt 2. [10]).

Auch für die weiteren Bestandteile des Gesamtfehlers gibt ICAO Annex 10 nur typische Werte basierend auf Messungen und Erfahrungen an:

- VOR *Airborne Equipment Error* $\pm 3^\circ$
(vgl. Pans. Ops. $\pm 2,7^\circ$)
- VOR *Pilotage Element* $\pm 2,5^\circ$
(vgl. Pans. Ops. $\pm 2,5^\circ$)

Diese Werte werden so auch von der DFS in ihrer Berechnungsmethodik verwendet, womit eine Gesamtstörung **VOR System Use Accuracy von $\pm 5^\circ$** erreicht wird ([53][10]). Dieser Wert steht in Diskrepanz zu den von der Verfahrensplanung verwendeten Werten von $\pm 5,2^\circ$ bzw. $\pm 4,5^\circ$ nach PANS-O PS (vgl. Tabelle 3-1). ICAO Annex 10 nennt beispielhaft weitere Werte für die einzelnen Fehlerkomponenten, welche von anderen Staaten zur Gesamtfehlerberechnung verwendet werden. Hieraus folgen abweichende Werte für den VOR-Gesamtfehler. Allerdings spricht sich die DFS auf Grund fehlender Konformität mit ICAO Annex 11 und RTCA Do-195 gegen die Verwendung dieser Werte aus ([54] [63]). Die Diskrepanzen zwischen ICAO Annex 10, 11 und ICAO Doc. 8168 PANS-OPS bezüglich der *VOR System Use Accuracy* wurde im Laufe des Gutachtens durch die DFS bei der ICAO angesprochen. Eine Antwort hierauf steht noch aus.

Allgemein ist erkennbar, dass bezüglich des Gesamtfehlers eines DVOR/VOR keine einheitlichen Grenzwerte bestehen. Die verschiedenen Dokumente der ICAO widersprechen sich teilweise, was zu unterschiedlichen Auslegungen der beschriebenen Grenzwerte führt. Zwar gelten SARPs als höchstes Regelwerk der ICAO, eine Interpretation hinsichtlich höherer Verbindlichkeit des ICAO DOC 8071 auf Grund der Nennung als „*Guidance Materials*“ ist allerdings auch denkbar. ICAO Annex 10 gibt in Attachment C, Abschnitt 3.7.3.7 den Hinweis, dass auch Gesamtfehler größer oder kleiner als $\pm 5^\circ$ in Ausnahmen akzeptabel sind. Eine Unterscheidung zwischen VOR und DVOR erfolgt mit Ausnahme der Verwendung bei RNAV (60 NM bzw. 75 NM Maximal Ab-

stand zum LFZ) nicht, obwohl eine höhere Präzision bei einem DVOR systembedingt zu erwarten ist.

Da das vorliegende Gutachten eine operative Betrachtung der Problematik Auswirkungen WEA auf DVOR/VOR vornimmt, wird dem ICAO Doc 8168 PANS-OPS grundsätzlich mehr Bedeutung zugesprochen. Alle Berechnungen der IFR-Flugverfahren hinsichtlich Hindernisfreiheit, welche aus operativer Sicht höchste Priorität einnimmt, erfolgen **weltweit** nach ICAO PANS-OPS. Für die Verfahrensplanung ist nur der Gesamtfehler *VOR System Accuracy* und die Einhaltung durch das LFZ der berechneten Bereiche mit Hindernisfreiheit von Bedeutung.

Grenzwerte bezüglich maximaler Winkelfehler sind folglich für die Nutzung eines DVOR/VOR in Deutschland als konventionelle Funknavigationshilfe bei SID, STAR, *Approach* und *Missed Approach* Verfahren und bei der Positionsaktualisierung bei RNAV zu beachten. Da es in Deutschland keine ATS-Routen mit konventioneller Funknavigation mehr gibt, sind hier aus Sicht der Verfahrensplanung keine verbindlichen Grenzwerte zu beachten.

3.7 Bestehende Regelungen

3.7.1 ICAO-Recht: Internationale Vorgaben

Die deutsche Rechtsordnung im Bereich des Luftverkehrs ist von internationalen Vorgaben geprägt. Diese Vorgaben sind nur teilweise in nationales Recht umgesetzt.

Nachfolgend soll überblicksartig dargestellt werden, welche internationalen Vorgaben im Luftrecht existieren und wie ihre Berücksichtigung im nationalen Recht erfolgt.

3.7.1.1 Chicagoer Abkommen

Die für die internationale Zivilluftfahrt maßgebliche Rechtsgrundlage ist das Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt (Chicagoer Abkommen) vom 7. Dezember 1944, in Kraft getreten am 4. April 1947. Hierdurch erhält die internationale Zivilluftfahrt zum einen den notwendigen Rechtsrahmen, zum anderen stellt es die Rechtsgrundlage dar für die Internationale Zivilluftfahrt-Organisation (International Civil Aviation Organization – ICAO). Mit dem Beitritt zum CA wird ein Staat gleichzeitig Mitglied der ICAO. Zurzeit sind 191 Staaten dem Abkommen beigetreten, und zwar einschließlich sämtlicher EU-Mitgliedstaaten ([42]). Die EU selbst ist allerdings kein Mitglied der ICAO und kann dies auch nicht werden, da das Abkommen nach seinem Art. 92 (a) nur den Mitgliedern der Vereinten Nationen und den mit ihnen verbundenen Staaten zum Beitritt offen steht. Die Arbeitsbeziehungen zwischen EU und ICAO sind in dem „Memorandum of Cooperation between the European Union and the International Civil Aviation Organization providing a framework for enhanced cooperation“ ([3]) geregelt.

Ausgangspunkt für die Regelung der internationalen Zivilluftfahrt ist das Anerkenntnis der Vertragsstaaten, dass jeder Staat über seinem Hoheitsgebiet volle und ausschließliche Lufthoheit besitzt (Art. 1 CA) und damit die Souveränität der Staaten gewährleistet wird. Weil die Luftfahrt aber auf Grenzüberschreitung angelegt ist, erscheint es kaum sinnvoll, dass jeder Staat seine Souveränität ohne Rücksichtnahme auf andere Staaten ausübt. Eine gewisse Vereinheitlichung, insbesondere hinsichtlich technischer und operationeller Normen, trägt nicht nur wesentlich zur Vereinfachung der internationalen Zivilluftfahrt bei, sondern ist seine Grundlage.

Der Wille zur Vereinheitlichung bzw. Standardisierung liegt deshalb dem CA zugrunde. Die Vereinheitlichung von Normen wird jedoch erst durch die Zusammenarbeit der Vertragsstaaten im Rahmen der ICAO erreicht.

3.7.1.2 Die Internationale Zivilluftfahrt-Organisation (ICAO)

Unmittelbare Rechtsgrundlage für die ICAO ist Art. 43 CA, der in seinem weiteren Verlauf die Aufgaben und die Organisationsweise der ICAO regelt. Nach dem Inkrafttreten des Abkommens am 4. April 1947 fand die erste Vollversammlung der ICAO am 6. Mai 1947 in Montréal statt. Durch eine Vereinbarung vom 3. Mai 1947 ([2]) hatte die ICAO wenige Tage zuvor den Status einer Sonderorganisation der Vereinten Nationen im Sinne von Art. 57 der Charta der Vereinten Nationen ([9]) erhalten.

Die ICAO besteht aus souveränen Staaten (vgl. Art. 92 (a) CA) und besitzt deshalb als lediglich zwischenstaatliche („inter“-nationale) Organisation keine eigenen oder ihr von den Mitgliedstaaten übertragenen Souveränitätsrecht (anders etwa als die „supra“-nationale EU).

Als lediglich „inter“-nationale Organisation ohne eigene Souveränitätsrechte kann die ICAO damit keine verbindlichen Vorschriften erlassen. Sie hat auch keine Vollzugsbefugnisse (sondern trifft allenfalls Feststellungen).

Die im vorliegenden Zusammenhang relevanten Aufgaben und Befugnisse der ICAO sind deshalb lediglich solche, die die Gesetzgebung und das sonstige Verhalten der Mitgliedstaaten aktiv beeinflussen.

Die ICAO unterhält weltweit sieben Regionalbüros, die eine engere Kooperation der ICAO-Mitglieder untereinander in der jeweiligen Weltregion zum Zweck hat. Die Errichtung der Regionalbüros erfolgt im Rahmen der Selbstverwaltungskompetenz der ICAO.

3.7.1.3 Richtlinien und Empfehlungen

Aufgrund der Verpflichtung in Art. 54 (I) in Verbindung mit Art. 37 Abs. 2 CA hat der Rat der ICAO insgesamt 19 technische Annexe zum CA entwickelt, in denen Richtlinien und Empfehlungen (Standards and Recommended Practices – SARPs) zu den technischen Themenbereichen der Luftfahrt festgelegt sind.

Hierzu gehören auch die Annexe 10 (Aeronautical Telecommunications – Telekommunikation; wobei dieser Annex aus fünf Bänden besteht) und 11 (Air Traffic Services – Luftverkehrsdienste), welche die wesentlichen Regelungen zum Thema Flugsicherung und Navigation beinhalten. Dies sind im Wesentlichen technische wie operative Vorgaben zum Betrieb von Flugsicherung und Navigation.

Die Annexe sind in der Normhierarchie der ICAO-Vorgaben unmittelbar unterhalb des CA angesiedelt. Die Annexe allein sind allerdings nicht erschöpfend und abschließend. Deshalb gibt es unterhalb der Ebene der Annexe konkretisierendes Begleitmaterial, die sogenannten ICAO Documents. Diese füllen die teilweise allgemein gehaltenen Vorgaben der Annexe aus.

Für den Bereich der Flugsicherung und Navigation gibt es elementare ICAO Documents, die Verfahren für Flugsicherungsdienste festlegen (Procedures for Air Navigation Services – PANS). Das sind PANS-ATM (Air Traffic Management) und PANS-OPS (Aircraft Operations). Letztlich sind auch diese ICAO Documents nicht unbedingt erschöpfend oder abschließend und können durch weiteres Anleitungsmaterial ergänzt werden.

Die im Rahmen des Gutachtauftrags entscheidenden ICAO-Normen sind oben (3.5 und 3.6) bereits erwähnt, beispielsweise Fehleranteile zur Berechnung der *VOR System Use Accuracy*.

3.7.1.4 Umsetzungserfordernis

Nach Art. 37 Abs. 1 CA sind die Mitgliedsstaaten verpflichtet, die Richtlinien, Empfehlungen und Verfahren anzuwenden, damit ein höchstmöglicher Grad an Einheitlichkeit in allen Angelegenheiten erreicht wird, in denen die Luftfahrt erleichtert und verbessert wird. Abweichungen von den Richtlinien, Empfehlungen und Verfahren sind möglich, müssen allerdings der ICAO angezeigt werden (Notifikationspflicht aus Art. 38 CA). Auf diese Weise ist im Falle von Nicht-Einhaltungen zumindest Transparenz hergestellt, so dass sich die internationale Luftfahrtgemeinschaft hierauf einstellen kann. Eine Vereinheitlichung ist gewünscht, aber in vollem Umfang nicht durchsetzbar, weil nicht alle ICAO-Mitgliedstaaten entsprechende Kapazitäten besitzen. Neben der Notifikation der Abweichungen bei der ICAO werden für den Flugbetrieb relevante Abweichungen im Luftfahrthandbuch AIP eines Landes veröffentlicht.

Dort, wo eine Einhaltung der ICAO-Vorgaben möglich ist, ergibt sich bereits aus dem Sinn und Zweck des CA heraus, dass Abweichungen nicht wünschenswert und deshalb zu vermeiden sind.

Aus der Verpflichtung des Art. 37 CA ergibt sich nicht zwangsläufig ein Umsetzungserfordernis, auf jeden Fall aber die Verpflichtung zur Anwendung der gemeinsam erarbeiteten Richtlinien, Empfehlungen und Verfahren. Wie ein Staat die Selbstverpflichtung zur Einhaltung der ICAO-Vorgaben aus Art. 37 CA einhält, ist ihm im Rahmen der staatlichen Souveränität und damit auch seiner Verfassungsstruktur selbst überlassen. In diesem Rahmen trifft ein Staat die geeigneten Maßnahmen, um die Einhaltung sicherzustellen. Die Überführung der Vorgaben in das nationale Recht der Bundesrepublik Deutschland drängt sich als geeignete Maßnahme jedenfalls dann auf, wenn es um grundrechtsrelevante Eingriffe geht. Wird eine Vorgabe dagegen nicht in dieser Weise in das innerstaatliche Recht übernommen, so kann sie den zuständigen Behörden allenfalls als sachverständige Richtlinie dienen, deren (mittelbare) Auswirkungen auf die Grundrechte mithilfe des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes zu begrenzen sind.

3.7.2 Umsetzung internationaler Vorgaben in Deutschland

Für die Bundesrepublik Deutschland gibt es zwei Herangehensweisen, wie die Selbstverpflichtung aus Art. 37 CA umgesetzt werden kann. Sie ergeben sich aus der Mitgliedschaft der Bundesrepublik Deutschland in der EU.

3.7.2.1 Umsetzung durch EU-Recht

Die EU besitzt im Bereich der Zivilluftfahrt eine Rechtsetzungskompetenz. Dies ergibt sich aus Art. 4 Abs. 2 Buchstabe g) AEUV, wonach für die Verkehrspolitik eine geteilte Zuständigkeit von EU und Mitgliedstaaten gehört. Geteilte Zuständigkeit bedeutet, dass wenn die Verträge der Union für einen bestimmten Bereich eine mit den Mitgliedstaaten geteilte Zuständigkeit übertragen, so können gem. Art. 2 Abs. 2 AEUV die Union und die Mitgliedstaaten in diesem Bereich gesetzgeberisch tätig werden und verbindliche Rechtsakte erlassen. Dabei nehmen die Mitgliedstaaten ihre Zuständigkeit wahr, sofern und soweit die Union ihre Zuständigkeit nicht ausgeübt hat. Die Mitgliedstaaten

nehmen ihre Zuständigkeit erneut wahr, sofern und soweit die Union entschieden hat, ihre Zuständigkeit nicht mehr auszuüben.

Die EU ist, ohne selbst Mitglied der ICAO zu sein, durch die Mitgliedschaft der EU-Mitgliedstaaten in der ICAO und durch das Kooperationsabkommen ([3]) jedoch gehalten, die ICAO-Vorgaben im Rahmen der eigenen Rechtsetzungskompetenz zu beachten.

Die EU kann demnach die ihr durch den AEUV zur Verfügung stehenden Instrumente zur Rechtsetzung im Bereich des Luftverkehrs nutzen. Gemäß Art. 288 AEUV sind dies insbesondere Verordnungen (Regulations) und Richtlinien (Directives).

Die Verordnung hat allgemeine Geltung. Sie ist in allen ihren Teilen verbindlich und gilt unmittelbar in jedem Mitgliedstaat. Damit ist eine Übertragung ins nationale Recht der EU-Mitgliedstaaten nicht erforderlich (vgl. Art. 288 Abs. 2 AEUV). Im Gegensatz dazu ist die Richtlinie für jeden Mitgliedstaat, an den sie gerichtet wird, hinsichtlich des zu erreichenden Ziels verbindlich. Sie überlässt jedoch den innerstaatlichen Stellen die Wahl der Form und der Mittel (vgl. Art 288 Abs. 3 AEUV).

Sofern nun die EU eine Verordnung betreffend den zivilen Luftverkehr erlassen hat, besteht für die Mitgliedstaaten unmittelbar geltendes und anwendbares Recht, so dass – von der Annahme ausgehend, dass die EU-Regelung nicht im Widerspruch zu ICAO-Normen steht – die Selbstverpflichtung gegenüber der ICAO gem. Art. 37 CA erfüllt ist. Für den Bereich der Flugsicherung und Navigation hat die EU von ihrer Normsetzungskompetenz Gebrauch gemacht und u. a. die Flugsicherungs-Rahmenverordnung (EG) Nr. 549/2004 und weitere sie konkretisierende Grund- und Durchführungsverordnungen erlassen. Diese Verordnungen schweigen aber zu den Anforderungen an Flugsicherungseinrichtungen bezüglich der zulässigen Fehlertoleranzen. Damit liegt hinsichtlich dieses Bereichs wegen der geteilten Zuständigkeit die Normsetzungskompetenz weiterhin bei den Mitgliedstaaten.

3.7.2.2 Allgemeine Umsetzung durch deutsches Recht

Liegt nun aber die Normsetzungskompetenz bei den Mitgliedstaaten, steht es ihnen frei zu entscheiden, wie sie ihre Selbstverpflichtung aus Art. 37 CA erfüllen und welche Instrumente sie hierfür wählen.

Im Rahmen der deutschen Rechtsordnung ist die Umsetzung über Gesetze, Rechtsverordnungen oder Verwaltungsvorschriften möglich. Dies ist beispielsweise sehr ausführlich im Bereich der Luftfahrtpersonal-Lizenzierung erfolgt. Dies erfolgte zwar im Rahmen der *Joint Aviation Authorities* (JAA – Koordinierungsgruppe der europäischen Zivilluftfahrt-Behörden), um innereuropäisch einen hohen Grad an Vereinheitlichung zu erreichen. Letztlich waren die Mitgliedstaaten jedoch selbst verpflichtet, entsprechende legislative Maßnahmen zu ergreifen. In Deutschland erfolgte dies an Hand von Vorschriften auf unterschiedlichen Normebenen, nämlich im LuftVG (dort §§ 4 und 5), in der LuftVZO (dort §§ 20 ff.) und in der LuftPersV. Darüber hinaus wurden die Lizenzierungsvorschriften durch im Bundesanzeiger veröffentlichte Verwaltungsvorschriften (JAR-FCL) in Kraft gesetzt.

Ganz anders wurde im der Bereich der Flughafenplanung bzw. des -baus verfahren. Zwar sind hier auch bestimmte Regelungen beispielsweise im LuftVG (§§ 6 ff.) enthalten. Die wesentlichen technischen Vorgaben (Zertifizierungsvorschriften), die Annex 14 zu entnehmen sind, wurden jedoch nicht ins deutsche Recht übertragen. Sie werden

aber aufgrund § 42 Abs. 1 Satz 2 LuftVZO beachtet, der vorschreibt, dass die Genehmigung für die Anlage und den Betrieb des Flughafens „in Übereinstimmung mit den einschlägigen Rechtsvorschriften des nationalen Rechts und des Luftverkehrsrechts der Europäischen Gemeinschaft sowie mit den für die Bundesrepublik Deutschland geltenden Vorschriften der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation, insbesondere des Anhangs 14 des Abkommens über die Internationale Zivilluftfahrt, zu erfolgen“ hat.

Eine vergleichbare Regelung für die Flugsicherung und die Flugsicherungseinrichtung fehlt. Grundsätzlich sind somit im Wesentlichen zwei Möglichkeiten vorstellbar.

Zum einen kommt eine unmittelbare Anwendung der ICAO-Vorgaben in Betracht. Diese würden Geltung für die Verwaltung in der Bundesrepublik Deutschland aus der Selbstverpflichtung nach Art. 37 CA und der Bindung der Verwaltung an Recht und Gesetz (Art. 20 Abs. 3 GG) erhalten, weil das CA über ein Ratifikationsgesetz auch Teil der bundesrepublikanischen Rechtsordnung ist.

Zum anderen könnten die entsprechenden ICAO-Vorgaben als Verwaltungsvorschriften befolgt werden. Dies setzt eine Entscheidung der zuständigen Behörde (für die Luftfahrt ist je nach Gesetzgebungskompetenz nach Art. 74 GG entweder das Bundesverkehrsministerium oder entsprechende Landesluftfahrtbehörden) voraus, eine entsprechende ICAO-Vorgabe als Verwaltungsvorschrift anzuwenden.

Für die Tätigkeit der DFS als Flugsicherungsorganisation wird die DFS durch einen Rahmenvertrag zwischen ihr und der Bundesrepublik Deutschland verpflichtet, im Rahmen ihrer Aufgaben die Vorgaben der ICAO zu beachten.³

Über alle o. g. Verfahren wird eine Einhaltung der ICAO-Normen und damit der Selbstverpflichtung nach Art. 37 CA sichergestellt. Sie sind auch gleich effektiv.

Wie oben bereits erwähnt, ist in den Fällen, in denen ICAO-Vorgaben nicht durch Gesetz, sondern als norminterpretierende Verwaltungsvorschriften umgesetzt werden, das Problem einer eventuellen Grundrechtsrelevanz aufgrund ihrer Verwendung bewirkter Eingriffe mithilfe des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes zu lösen.

3.7.2.3 Konkrete Umsetzung in deutsches Recht

Für die Umsetzung der relevanten Vorschriften der ICAO im Bereich der Flugsicherungseinrichtung ist festzustellen, dass diese nicht bzw. nicht vollständig in europäisches bzw. nationales Recht umgesetzt sind. Gerade hinsichtlich der technischen Anforderungen, die im ICAO Annex 10 und in den entsprechenden ICAO Documents (8168 PANS-OPS; 8071 Testing of Radio Navigation Aids) vorgesehen sind, erfolgte keine Umsetzung ins nationale Recht, so dass entweder von einer unmittelbaren Anwendung oder einer Anwendung als (interne) sog. Verwaltungsvorschriften auszugehen ist.

Diese Regelungen beziehen sich zunächst nicht auf Fragen die mit Windenergieanlagen zusammenhängen. Zu dem Bereich WEA gibt es lediglich ein ICAO Document, in dem WEA im Bereich von Anlagenschutzbereichen thematisiert werden. Es handelt sich dabei um das ICAO EUR Doc 015, welches nicht von der ICAO als globale Internationale Organisation, sondern von deren europäischem Regionalbüro erarbeitet wurde.

³ vgl. Federwisch/Dinter, NVwZ 2014, 403, 404.

3.7.2.4 ICAO EUR Doc 015 Ausgabe 2004

Das ICAO EUR Doc 015 wurde in erster Ausgabe 2004 erlassen. Es dient der Auslegung und Präzisierung der die Funktionsfähigkeit von Flugsicherungseinrichtungen beschreibenden ICAO-Vorschriften.

In dieser ersten Ausgabe des ICAO Documents wurde lediglich festgelegt, dass bei der Errichtung von WEA (und auch anderer, hier jedoch nicht relevanter Bauwerke) die Auswirkungen der WEA auf die Funktionsfähigkeit der Anlagen überprüft werden sollen (Nr. 6.4 und Nr. 7.7 des ICAO EUR Doc 015, 1. Ausgabe 2004), und zwar unabhängig von ihrer Lage zu Anlagenschutzbereichen für gerichtete und ungerichtete Anlagen (gemeint sind damit unterschiedliche Typen von Flugsicherungseinrichtungen). Eine kompetente Stelle (in der Regel der Anlagenbetreiber) soll die entsprechende *fachtechnische Analyse* durchführen, um das Ausmaß des Einflusses der Windenergieanlage auf die betroffene Flugsicherungseinrichtung zu ermitteln. Eine bestimmte Methode für diese Analyse ist im ICAO EUR Doc 015 nicht vorgesehen. In den Anhängen 1 bis 3 wurden für unterschiedliche Arten von Flugsicherungsanlagen (Navigationsanlagen, Kommunikationsanlagen und Ortungsanlagen) unterschiedliche Anlagenschutzbereiche definiert.

Das ICAO EUR Doc 015 selbst ist nicht unmittelbar in deutsches Recht umgesetzt worden. Die Vorgaben des ICAO EUR Doc 015 erfüllt die Bundesrepublik Deutschland jedoch insoweit, als dass das LuftVG Baubeschränkungen (nach §§ 12, 14 LuftVG) und insbesondere Bauverbote (nach § 18a LuftVG) vorsieht, soweit ein Bauschutzbereich betroffen ist bzw. Flugsicherungseinrichtungen gestört werden können.

Wie im ICAO EUR Doc 015 selbst, ist im deutschen Recht auch keine konkrete Methode der Analyse vorgeschrieben. Im Gegensatz zum ICAO EUR Doc 015 werden Anlagenschutzbereiche jedoch nicht legal definiert. Sie sollen vom BAF in Zusammenarbeit mit der Flugsicherungsorganisation festgelegt werden, die sie betreibt. § 18a LuftVG fordert ein Bauverbot für Bauwerke, wenn Flugsicherungseinrichtungen gestört werden können. Damit wird der Vorgabe des ICAO EUR Doc 015 insoweit entsprochen, als dass bei der Errichtung von Windenergieanlagen eine Überprüfung in Abhängigkeit von vorher definierten Anlagenschutzbereichen stattzufinden hat. Damit sind nicht alle WEA erfasst, wobei durch die vorherige Definition der Anlagenschutzbereiche „unproblematische“ Bereiche ohnehin ausgeklammert werden. Wie diese Überprüfung erfolgen soll, ist nicht vorgeschrieben. Die Entscheidung hierüber ist damit den Staaten im Rahmen ihrer Souveränität selbst überlassen.

3.7.2.5 ICAO EUR Doc 015 Ausgabe 2009

Nach einer Revision des ICAO EUR Doc 015 im Jahr 2009 ([51]) ist dieses über die bestehenden Anforderungen hinaus um weitere Vorgaben ergänzt worden. An den Grundvoraussetzungen hat sich allerdings nichts geändert.

Neu ist die Definition von Anlagenschutzbereichen für die Errichtung von WEA. Für alle anderen Bauwerke gelten einheitliche Anlagenschutzbereiche, die sich gegenüber der ersten Ausgabe des ICAO EUR Doc 015 nicht geändert haben. Die Anlagenschutzbereiche von Flugsicherungseinrichtungen wurden jedoch für die Errichtung von WEA von 3 km auf 15 km erweitert (vgl. Anhang 1, Tabelle 1 der jeweiligen Ausgabe des ICAO EUR Doc 015).

Die Änderung wird mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen begründet, wonach WEA ein größeres Störpotential haben als bislang angenommen, so dass eine Erweiterung des Anlagenschutzbereichs notwendig geworden sein soll. Konkrete Angaben konnten hierzu nicht ermittelt bzw. verifiziert werden.

VOR/DVOR sind ungerichtete Anlagen, so dass sich der Anlagenschutzbereich aus Nr. 6 des ICAO EUR Doc 015 ergibt. Er wird nicht als Fläche (zweidimensional) um die Flugsicherungseinrichtung, sondern dreidimensional als Raum festgelegt. Das ICAO EUR Doc 015 geht davon aus, dass nur durch in diesen Raum hineinragende Bauwerke eine Störung für das Signal zu befürchten ist.

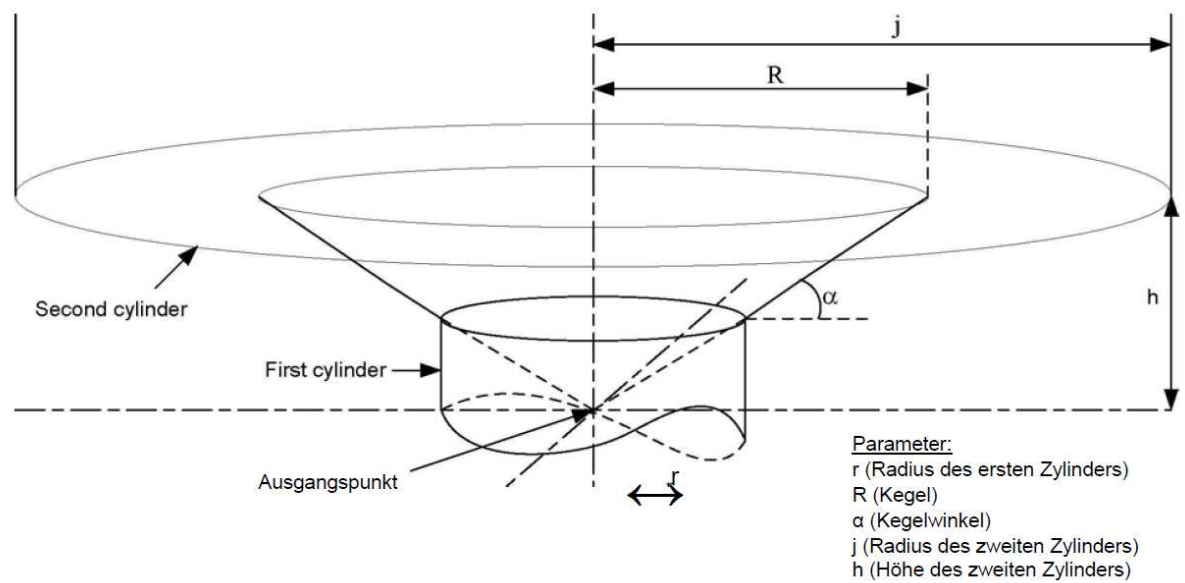


Abbildung 3-32: Profil des Anlagenschutzbereichs für ungerichtete Anlagen (dreidimensionale Darstellung),
 Abbildung 2.1 im ICAO EUR Doc 015

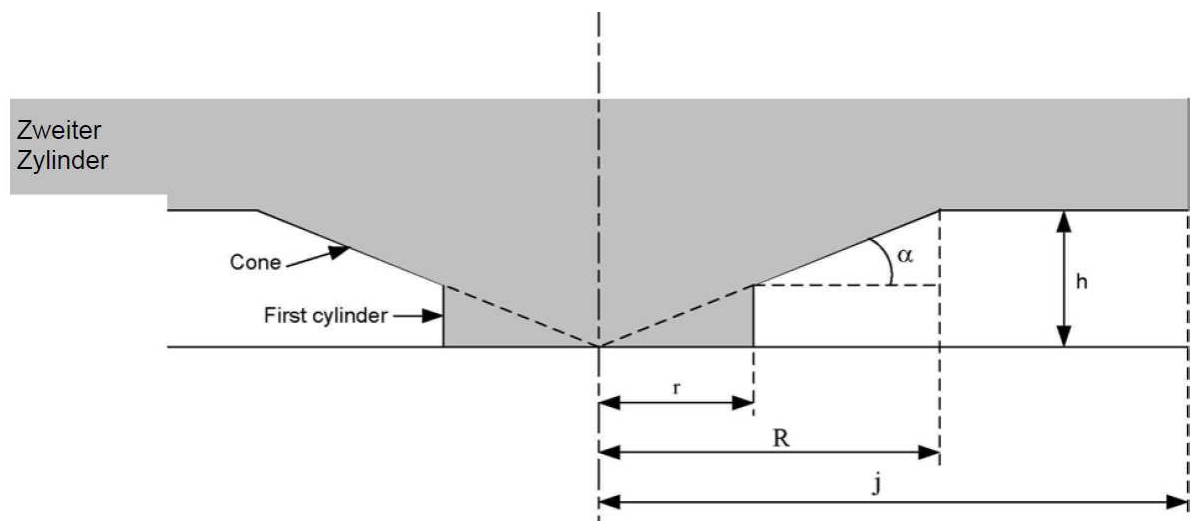


Abbildung 3-33: Profil des Anlagenschutzbereichs für ungerichtete Anlagen (Seitenansicht),
 Abbildung 2.2 im ICAO EUR Doc 015

Die Werte für die Variablen ergeben sich aus dem Anhang 1 des ICAO EUR Doc 015.

Art der Navigationsanlage	Radius (r – Zylinder) (m)	Alpha (α – Kegel) (°)	Radius (R – Kegel) (m)	Radius (j – Zylinder) (m) Nur Windkraftanlagen	Höhe des Zylinders j (h – Höhe) (m) Nur Windkraftanlagen	Ausgangspunkt des Kegels und Zylinderachse
VOR	600	1,0	3.000	15.000	52	Mitte des Antennensystems am Boden

Tabelle 3-4: Auszug aus der Tabelle 1 aus dem Anhang 1 (eigene Darstellung)

Bereits in der ersten Ausgabe des ICAO EUR Doc 015 war unter Nr. 8.3 die Möglichkeit vorgesehen, dass bei leistungsfähigeren Antennenanordnungen und fortschrittlicheren Technologien (wie Großbasisantennen, Out-of-Phase-Clearance-Technik, Doppler-Technik) die von den Experten für Flugsicherungstechnik vorgegebene Schutzzone verkleinert werden kann. Für die hier untersuchten DVOR Lübeck und DVOR Michaelsdorf wäre also eine solche Verkleinerung des Anlagenschutzbereichs in Betracht zu ziehen. Der englische Originalwortlaut geht sogar noch weiter. Danach heißt es, dass "More capable antenna arrangements or advanced technology (e.g. wide aperture, out of phase clearance, Doppler techniques) *will allow* the reduction of the protection zone applied by the ATSEP." (Hervorhebung durch die Verfasser), was so viel bedeuten würde, dass fest davon ausgegangen werden kann, dass der Einsatz der entsprechenden Technik erlaubt, die Schutzzonen zu reduzieren. Die Autoren des ICAO EUR Doc 015 gehen mithin davon aus, dass bei einem DVOR der Schutzbereich von vornherein geringer sein kann als bei CVOR. In welchem Umfang der Schutzbereich reduziert werden sollte, ergibt sich jedoch nicht aus dem ICAO EUR Doc 015. Insofern muss auf den Sachverstand der zuständigen Stellen zurückgegriffen werden.

Das BAF bzw. die DFS unterscheiden hinsichtlich des Schutzbereichs nicht zwischen CVOR und DVOR. Die von dem ICAO EUR Doc 015 vorgesehene Unterscheidung wird jedoch im Rahmen der zweistufigen Prüfung nach § 18a LuftVG (vgl. 3.7.3.3) im zweiten Prüfungsschritt (Prüfung der Hinnehmbarkeit einer Beeinträchtigung) berücksichtigt.

Mit der Revision des ICAO EUR Doc 015 ist dem Dokument ein Anhang 4 hinzugefügt worden. Dieser beinhaltet Vorgaben zur Prüfung von Windkraftanlagen im Hinblick auf ihren Einfluss auf Navigationsanlagen (und damit nur noch einem Teil von Flugsicherungseinrichtungen).

Das ICAO EUR Doc 015 sieht sowohl in der ersten als auch in der zweiten Ausgabe jeweils eine zweistufige Prüfung der Auswirkung von geplanten Bauwerken auf Einrichtungen der Flugsicherung vor.

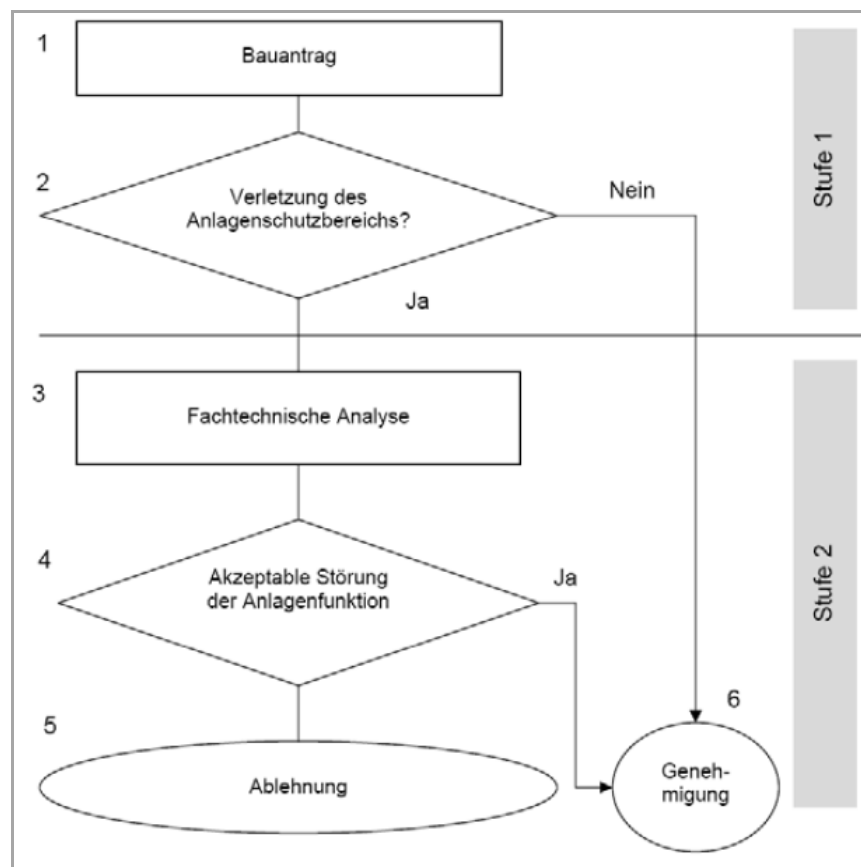


Abbildung 3-34: Ablaufdiagramm [ICAO EUR Doc 015 Nr. 4.4]

ICAO EUR Doc 015 Nr. 4.3 sieht im Allgemeinen für alle Bauwerke vor, in der ersten Stufe zunächst zu prüfen, „ob eine Genehmigung unmittelbar erteilt werden kann oder ob der Antrag an die entsprechenden technischen Stellen (Experten für Flugsicherungstechnik) weitergeleitet werden sollte“. Eine *fachtechnische Analyse* muss grundsätzlich nur bei Verletzung eines Anlagenschutzbereichs durchgeführt werden. Ausnahmen können sich allenfalls dann ergeben, wenn ausreichende technische Gründe dafür sprechen, dass eine nicht hinnehmbare Störfunktion nicht zu erwarten ist. In so einem solchen Fall könnte auf die fachtechnische Analyse verzichtet werden.

Abweichend von den allgemeinen Regeln für alle Bauwerke werden im ICAO EUR Doc 015 Nr. 6.4 Aussagen für die o. g. Prüfung bei der Errichtung von WEA getroffen. Danach sollte bei Ortungs- und Kommunikationsanlagen eine generelle Bewertung des Einflusses von WEA auf die genannten Anlagen erfolgen, unabhängig von ihrem Standort zu einem Anlagenschutzbereich. Bei Navigationsanlagen wie den den vorliegenden Fall betreffenden DVOR wird empfohlen, eine Bewertung (fachtechnische Analyse) nur bei Verletzung des Anlagenschutzbereichs entsprechend dem Anleitungsmaterial im ICAO EUR Doc 015 Anhang 4 durchzuführen.

Die Zuständigkeit für die fachtechnische Analyse ergibt sich aus Nr. 4.7.1 Satz 1, wonach die für Flugsicherungsanlagen zuständige technische Behörde die entsprechenden Bauanträge zur weiteren Untersuchung erhält. In der Bundesrepublik Deutschland sollte demnach das BAF zuständig sein. Eine Zusammenarbeit mit der entsprechenden Flugsicherungsorganisation ist nach ICAO EUR Doc 015 aber in der Weise vorstellbar, dass sich die entsprechende Behörde externen Sachverständigen von Experten für Flugsicherungstechnik bedient.

Hinsichtlich der fachtechnischen Analyse selbst werden im ICAO EUR Doc 015 nur rudimentäre Aussagen getroffen. ICAO EUR Doc 015 Nr. 4.4 sieht vor, dass die Experten für Flugsicherungstechnik eine detaillierte Analyse durchführen sollten, die alle Aspekte der zu schützenden Flugsicherungsanlage und der möglichen Auswirkungen umfasst, die das geplante Bauwerk auf das von dieser Anlage abgestrahlte oder zu empfangende Signal haben könnte. Damit wird allein das Ziel der Analyse definiert. Konkrete Vorgaben, wie die Analyse durchzuführen ist oder welche Methoden ihr zu Grunde zu legen sind, werden von dem ICAO EUR Doc 015 jedoch nicht gemacht.

Es werden lediglich oberflächliche Aussagen zur Ausgestaltung der fachtechnischen Analyse getroffen. Nach ICAO EUR Doc 015 Nr. 4.7.1 (Satz 3) soll die technische Behörde die Analyse auf der Grundlage von theoretischen Kenntnissen, Erfahrung und bestehenden Bedingungen durchführen. In Nr. 5.2.2 (Satz 2 und 3) wird weiter ausgeführt, dass die Analyse auf der Grundlage der Erfahrung und des Fachwissens der Ingenieure, die die Aufgabe durchführen, erfolgen, sich jedoch nicht darauf beschränken soll. Das Verfahren kann danach eine theoretische Analyse, numerische Simulation und Modellierung umfassen.

In einem zweiten Schritt soll nach Nr. 4.8.1 (Satz 1) anhand der Ergebnisse, die sich aus der Analyse der Experten für Flugsicherungstechnik ergeben, ermittelt werden, ob die Störeffekte annehmbar sind oder nicht. Wann Störeffekte annehmbar sind oder nicht, wird an dieser Stelle nicht definiert. In dem für den vorliegenden Fall anwendbaren Anhang 4 wird weiter ausgeführt, dass für die Frage, welches Maß an Leistungsbeeinträchtigung geduldet werden kann, die für eine VOR-Anlage zulässigen Fehlertoleranzen zu berücksichtigen sind. Zu den Details hinsichtlich der Fehlertoleranzen und der VOR-Genauigkeit wird auf die ICAO Annexe 10 und 11 und das ICAO Document 8071 verwiesen bzw. deren Inhalt wiedergegeben. Diese Kurzdarstellung der Anforderungen an die VOR-Genauigkeit gibt die wesentlichen Punkte wieder, die bei der Festlegung einer geeigneten Toleranz und den ermittelten Simulationsergebnissen zu berücksichtigen sind.

Damit obliegt es den Experten für Flugsicherungstechnik, eine adäquate Analyse-Methode nach wissenschaftlichen Grundsätzen festzulegen.

Die Tendenz des ICAO EUR Doc 015 ist eher konservativ, so dass empfohlen wird im Zweifel – insbesondere bei unklaren Analyseergebnissen – zu Ungunsten eines Bauprojekts zu entscheiden (so in Nr. 5.2.4).

Zur Darstellung und Bewertung der von der DFS genutzten Methode der fachtechnischen Analyse vgl. 4 Analyse der fachtechnischen Einzelfallprüfung.

Die Erweiterung des Anlagenschutzbereichs von 3 km auf 15 km wirkt sich auf Bauvorhaben nur mittelbar dann negativ aus, wenn sich das Risiko verwirklicht, dass die fachtechnische Analyse zu der Feststellung einer nicht hinzunehmenden Störung führt. Eine solche Störung ist aber unter Berücksichtigung des Schutzzwecks des § 18a LuftVG unabhängig von der Lage eines Bauwerks zu einem Anlagenschutzbereich ohnehin nicht gewünscht. Eine Erweiterung des Anlagenschutzbereichs ist vor diesem Hintergrund auch nicht zu beanstanden.

Das ICAO EUR Doc 015 selbst ist weiterhin nicht unmittelbar und ausdrücklich in deutsches Recht umgesetzt worden. Es ist bis zuletzt unklar geblieben, ob das BMVI das ICAO EUR Doc 015 als Verwaltungsvorschrift oder Weisung erlassen hat oder die

nachgeordneten Behörden das ICAO EUR Doc 015 aus der Selbstverpflichtung nach Art. 37 CA beachten. Gegen seine Anwendung (gleich nach welcher Alternative) ist jedenfalls unter rechtlichen Gesichtspunkten nichts einzuwenden. Seine Vorgaben werden weiterhin durch § 18a LuftVG erfüllt, vgl. hierzu auch 3.7.3.2.

3.7.3 Genehmigungsverfahren zur Errichtung von Windenergieanlagen in Deutschland

Bei der Errichtung von WEA sind für deren Genehmigung Vorschriften des Baurechts zu beachten (insb. solche des BauGB und BImSchG). Aber auch im Luftrecht, konkret im LuftVG, sind teilweise baurechtliche Vorschriften enthalten. Für das Genehmigungsverfahren spielen insbesondere die §§ 12, 14 und 18a LuftVG eine Rolle. Die Regelungen der §§ 12, 14 und 18a LuftVG ergänzen einander und überlappen sich teilweise. Nach diesen Vorschriften können Baubeschränkungen oder Bauverbote bestehen, weshalb die Genehmigung von Bauvorhaben als Luftfahrthindernis bzw. als mögliche Ursache von Störungen von Flugsicherungseinrichtungen versagt werden kann.

Die genannten Vorschriften dienen dem Schutz des Luftverkehrs vor störenden Auswirkungen durch Bauwerke (und vergleichbare Gegenstände).⁴

3.7.3.1 Baubeschränkungen nach §§ 12, 14 LuftVG

§§ 12 und 14 LuftVG sehen ein Zustimmungserfordernis der Luftfahrtbehörde für solche Bauwerke vor, die ein Luftfahrthindernis darstellen können.

§ 12 LuftVG schützt den unmittelbaren Umgebungsbereich eines Flughafens, insbesondere die Bereiche um die Start- und Landebahnen und die Anflugsektoren. Innerhalb des Bauschutzbereichs bestehen Baubeschränkungen zunächst unabhängig von der Höhe des Bauwerks. Diese Baubeschränkungen liegen vielmehr in der Lage des Bauwerks begründet und sollen den Betrieb des Flughafens sicherstellen. Geschützt werden hierdurch insbesondere der An- und Abflugverkehr.

§ 14 LuftVG gilt unabhängig von der Lage eines Bauwerkes zu einem Flughafen im gesamten Staatsgebiet der Bundesrepublik Deutschland – mit Ausnahme der bereits durch § 12 LuftVG erfassten Bauschutzbereiche. Hierdurch soll insbesondere der Streckenflugverkehr geschützt werden.

⁴ Zum Begriff des Bauwerks vgl. auch *Meyer/Wysk*, in: *Grabherr/Reidt/Wysk*, Luftverkehrsgesetz, § 18a Rn. 6.

LuftVG	Standort	Radius	Bezugspunkt	Baubeschränkung ab folgender Höhe (in m)
§ 12 im BSB	< 1,5 km		Flughafenbe- zugspunkt	0
	außerhalb der Anflugsektoren	< 4 km		25
		4 - 6 km		von 45 nach außen linear aufsteigend bis 100
	innerhalb der Anflugsektoren	< 10 km (bei Hauptstart- und -landeflächen)	Startbahnbe- zugspunkt	von 0 nach außen linear aufsteigend bis 100
		< 8,5 km (bei Nebenstart- und -landeflächen)		
		10 – 15 km (bei Hauptstart- und -landeflächen)		100
§ 14 außerhalb BSB	außerhalb der bei § 12 genannten Bereiche = im gesamten Bundesgebiet			100

Tabelle 3-5: Vereinfachte Darstellung der Baubeschränkungen nach §§ 12, 14 LuftVG [eigene Anfertigung]

Eine Zustimmung ist erforderlich, wenn die in §§ 12, 14 LuftVG genannten Höhen (rechte Spalte der Tabelle 3-5) überschritten werden sollen, sofern nicht die Luftfahrtbehörde – abweichend von § 12 Abs. 3 Satz 1 LuftVG – gemäß § 13 LuftVG für bestimmte Geländeteile Bauhöhen festgelegt hat, bis zu denen Bauwerke ohne ihre Zustimmung genehmigt werden können. Ist mit einem Bauvorhaben beabsichtigt, die jeweiligen Höhen zu überschreiten, so besteht ein Bauverbot mit Erlaubnisvorbehalt.

Das mit den Baubeschränkungen nach §§ 12, 14 LuftVG verfolgte Ziel ist die Erreichung der Hindernisfreiheit für den jeweils betroffenen Luftverkehr (An- und Anflugbzw. Streckenflugverkehr). Insoweit werden in diesem Zusammenhang nur solche Belange der Flugsicherung geprüft, die sich auch darauf erstrecken, mithin nur solche Auswirkungen auf den Luftverkehr, die von dem jeweiligen Bauwerk auf Grund seiner Höhe oder Lage ausgehen.

§ 12 Abs. 2 Satz 2 LuftVG enthält eine Genehmigungsfiktion, wonach die Zustimmung als erteilt gilt, wenn sie nicht binnen zwei Monaten nach Eingang des Ersuchens der für die Erteilung einer Baugenehmigung zuständigen Behörde verweigert wird. Reicht diese Frist zur Beurteilung wegen des Ausmaßes der erforderlichen Prüfungen nicht aus, so kann die Frist gem. § 12 Abs. 2 Satz 3 LuftVG von der für die Baugenehmigung zuständigen Behörde im Benehmen mit dem Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung verlängert werden. Das Benehmen setzt lediglich eine Anhörung, nicht aber ein Einvernehmen voraus. Eine Verzögerung der Entscheidung der Luftfahrtbehörde kann sich deshalb nur aus einer Verzögerung der gutachtlichen Stellungnahme ergeben, auf deren Grundlage die Luftfahrtbehörde ihre Entscheidung zu treffen hat.

Gemäß § 31 Abs. 3 LuftVG ist eine gutachtliche Stellungnahme der Flugsicherungsorganisation über die Bedeutung des Bauvorhabens für die Flugsicherung und die Flugsicherheit einzuholen, aufgrund derer die Luftfahrtbehörde darüber entscheidet, ob und ggf. unter welchen Auflagen sie ihre Zustimmung erteilt. Die Luftfahrtbehörde hat die

Zustimmung zu erteilen, sofern Belange der Flugsicherung oder die Flugsicherheit unter dem Gesichtspunkt der Hindernisfreiheit dem Bauvorhaben nicht entgegenstehen.

Daraus ergibt sich für das Baugenehmigungsverfahren, dass die Baugenehmigungsbehörde den Vorgang der Luftfahrtbehörde zur Entscheidung vorzulegen hat, wenn sie nach positivem Abschluss der bauplanungs- und bauordnungsrechtlichen sowie sonstigen in ihre Kompetenz fallenden Prüfungen zu der Erkenntnis gelangt, dass die danach an sich zu erteilende Baugenehmigung gemäß § 12 Abs. 2 und 3 sowie § 13 LuftVG der Zustimmung der Luftfahrtbehörde bedarf.

Die Baugenehmigungsbehörde ist an die Entscheidung der Luftfahrtbehörde gebunden. Wird die Zustimmung zur Baugenehmigung nicht erteilt, darf letztere nicht erteilt werden. Hat die Luftfahrtbehörde die Erteilung der Zustimmung davon abhängig gemacht, dass die Baugenehmigung unter bestimmten die Flugsicherung betreffenden Auflagen erteilt wird, muss die Baugenehmigungsbehörde derartige Auflagen übernehmen und als Auflagen zur Baugenehmigung an den Baubewerber weitergeben. Entsprechendes gilt, wenn die Luftfahrtbehörde ihre Zustimmung erteilt hat; die Baugenehmigungsbehörde darf nicht von sich aus in eine Prüfung der mit dem Luftverkehr und der Flugsicherheit zusammenhängenden Fragen eintreten und, weil sie zu einem anderen Ergebnis kommt als die Luftfahrtbehörde, die Baugenehmigung aus diesem Grund versagen. Es besteht demnach eine geteilte, keine kongruente Prüfungszuständigkeit zwischen Baugenehmigungsbehörde und Luftfahrtbehörde.

Für die Zustimmung der Luftfahrtbehörde gemäß § 12 Abs. 2 und 3 LuftVG ist – wie auch für die vergleichbare Zustimmung nach dem Bundesfernstraßengesetz oder den Landesstraßengesetzen – anerkannt, dass es sich dabei nicht um einen Verwaltungsakt der Luftfahrtbehörde gegenüber dem Baubewerber, sondern nur um ein Verwaltungsinternum im Verhältnis von Baugenehmigungs- und Luftfahrtbehörde handelt [25]. Die Entscheidung der Luftfahrtbehörde ist aber – etwa in einem um die mit Rücksicht auf die Entscheidung der Luftfahrtbehörde erfolgte (teilweise) Versagung der Baugenehmigung geführten verwaltungsgerichtlichen Verfahren – in vollem Umfang gerichtlich überprüfbar (inzidenter im Rahmen einer Klage auf Erteilung der Baugenehmigung).

3.7.3.2 Bauverbot nach § 18a LuftVG

Über die allgemeinen Baubeschränkungen nach §§ 12 und 14 LuftVG hinaus enthält § 18a LuftVG ein materielles Bauverbot, das im Zusammenhang mit der Errichtung von Windenergieanlagen eine wesentliche Rolle spielt. Nach § 18a Abs. 1 Satz 1 LuftVG dürfen Bauwerke nicht errichtet werden, wenn dadurch Flugsicherungseinrichtungen gestört werden können.

Der Gesetzgeber möchte durch die Regelung des § 18a LuftVG Störungen von Bodenfunknavigations- und Radareinrichtungen von Flugsicherungsorganisationen durch Bauwerke verhindern. Jedes einzelne störende Bauwerk soll hierdurch erfasst werden, und zwar ohne Rücksicht auf seine Lage oder Höhe⁵, sondern wegen der physikalischen Effekte, die – auch lage- oder höhenunabhängig – von seiner Errichtung oder seinem Betrieb ausgehen können, insbesondere etwa dann, wenn Bodenfunknavigati-

⁵ So die Gesetzesbegründung zur Einführung des § 18a LuftVG durch das 9. ÄndG zum LuftVG (1979); vgl. BT-Drucks. 8/3431.

ons- und Radareinrichtungen gestört werden können. Von solchen Störungen kann nicht nur der An- und Abflugverkehr, sondern auch der Streckenverkehr betroffen sein.⁶ Da solche Störungen die Funktionsfähigkeit von Flugsicherungseinrichtungen in Frage stellen können, bilden sie u. U. eine erhebliche Gefährdung für die Flugsicherheit. Schutzzweck ist jedoch nicht nur die Verhinderung von Gefahren für die Sicherheit des Luftverkehrs und – hieraus folgend – für die Allgemeinheit, sondern der gesamte Kanon der Aspekte, die § 27c LuftVG in ihrer Gesamtheit als Zweck der Flugsicherung definiert (neben der Sicherheit auch die Flüssigkeit und Leichtigkeit des Luftverkehrs). Wird dieser Zweck erreicht, ist nach der Einschätzung des Gesetzgebers die Flugsicherung funktionsfähig. Kann einer dieser Aspekte beeinträchtigt werden, steht – umgekehrt – die Funktionsfähigkeit der Flugsicherung infrage.

Diese materielle Baubeschränkung ist als gesetzliches Bauverbot ausgestaltet. Im Gegensatz zu den Baubeschränkungen nach §§ 12, 14 LuftVG, bei denen der Genehmigungsbehörde ein Ermessen eingeräumt wird, ist die Rechtsfolge in § 18a LuftVG bereits durch Gesetz (zwingend) festgelegt. Wenngleich die Genehmigungsbehörde in den Fällen der §§ 12 und 14 LuftVG die Baugenehmigung nicht erteilen „darf“, so hat sie doch vor Einholung der Zustimmung den Bauantrag unter baurechtlichen Aspekten zu prüfen. Nur bei einer aus baurechtlichen Gründen positiven Bewertung kommt es nämlich überhaupt auf die Zustimmung an, deren Verweigerung dazu führt, dass diese positive Bewertung nachträglich im Rahmen der Abwägung überwunden wird, wobei wegen der Formulierung „darf ... nicht“ der Ermessensspielraum der Genehmigungsbehörde auf Null reduziert ist. Der Gesetzgeber geht deshalb in diesen Vorschriften grundsätzlich von einer Abwägungsentscheidung aus, deren Ausgewogenheit in einem eventuellen Rechtsschutzverfahren gegen die Ablehnung der Baugenehmigung voller gerichtlicher Nachprüfung unterliegt (einschließlich der Inzidenterprüfung der Zustimmungsverweigerung). Die Ablehnung der Baugenehmigung stellt sich deshalb als eigenständige Entscheidung der Genehmigungsbehörde dar, selbst wenn die hier vorzunehmende Abwägung gesetzlich vorgeprägt ist.

Dagegen ist die in § 18a LuftVG genannte Entscheidung bereits strukturell von vornherein keiner Abwägung durch die Genehmigungsbehörde zugänglich. Sobald eine Störung von Flugsicherungseinrichtungen möglich ist, besteht ein unmittelbar gesetzlich angeordnetes Bauverbot. Der Gesetzgeber scheint hier die Abwägungsentscheidung selbst getroffen zu haben, indem er dem Funktionieren der Flugsicherung einen so hohen Stellenwert eingeräumt hat, dass jede Abwägungsentscheidung immer nur zu Gunsten der Flugsicherung ausfallen kann. Dies bedeutet für die Genehmigungsbehörde, dass sie die baurechtlichen Aspekte nicht zu prüfen hat, bevor das BAF nicht positiv entschieden hat. Erst bei einer positiven Entscheidung des BAF hat die Genehmigungsbehörde in die baurechtliche Prüfung einzusteigen, da nur in diesem Falle dem Bauvorhaben ein Bauverbot nicht von vornherein entgegensteht. Dagegen besteht im umgekehrten Falle (der ablehnenden Entscheidung durch das BAF) angesichts des dann bestehenden Bauverbots kein Anlass, eine baurechtliche Prüfung vorzunehmen. Hier wird gegenüber dem Baubewerber keine eigene Entscheidung getro-

⁶ So die Gesetzesbegründung, a. a. O.

fen, sondern ihm nur mitgeteilt, dass eine inhaltliche Prüfung des Bauantrags nicht möglich ist, weil ein Bauverbot besteht.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass dies einer korrigierenden verfassungskonformen Interpretation bedarf, die die Berücksichtigung der Grundrechte des Antragstellers, insbesondere seines Grundrechts auf Eigentum, gewährleistet. Mit der Entscheidung des Gesetzgebers, dem BAF wegen seiner besonderen Sachkompetenz das alleinige Beurteilungsrecht über die Frage einer möglichen Störung von Flugsicherungseinrichtungen zuzuweisen, darf nicht bewirkt werden, dass die Eigentumsinteressen, die typischerweise von der Genehmigungsbehörde mit in die Entscheidung einbezogen werden, wegen des von der BAF-Entscheidung ausgelösten gesetzlichen Bauverbots keine Rolle mehr spielen. Diese Interessen müssen nach der Konstruktion des § 18a LuftVG deshalb vom BAF (mit-)wahrgenommen werden. Dies bedeutet, dass das BAF in Anwendung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes gleichzeitig zu prüfen hat, ob die Eigentumsrechte eines Antragstellers durch andere Maßnahmen als die Durchsetzung des 15-km-Radius besser gewahrt werden können.

Der Gesetzgeber ist mit § 18a LuftVG bereits bei seiner Entstehung systematisch von den Regelungen zu Baubeschränkungen nach §§ 12, 14 LuftVG abgewichen. Aus dem Wortlaut des § 18a LuftVG ergibt sich ein wesentlicher Unterschied zu den in §§ 12, 14 LuftVG getroffenen Regelungen, und zwar formell wie materiell. Während bei §§ 12, 14 LuftVG die entsprechende Landesluftfahrtbehörde für die *Zustimmung* zuständig ist, ist bei § 18a LuftVG das BAF für die *Entscheidung* zuständig. Damit trifft § 18a Abs. 1 LuftVG nicht nur eine andere Kompetenzzuordnung (Zuständigkeit einer anderen Behörde). Es ergibt sich darüber auch ein systematischer Unterschied für die Art der Beteiligung der jeweils zuständigen Behörde.

Die Zustimmung stellt eine verwaltungsinterne Erklärung gegenüber der den zustimmungsbedürftigen Verwaltungsakt erlassenden Behörde dar (sog. Verwaltungsinternum). Schließlich ist erst die Behörde, die um die Zustimmung einer anderen Behörde gebeten hat, im Rahmen eines mehrstufigen Verwaltungsverfahrens zur Bescheidung eines Antrags und damit einer umfassenden und abschließenden Entscheidung über ihn zuständig (selbst wenn diese Entscheidung gesetzlich eingeeengt ist: „darf ... nicht“).

Die „Entscheidung“ nach § 18a LuftVG dagegen stellt im Vergleich zur Zustimmung ein „Mehr“ dar. Die abschließende behördliche Regelung wird hier bereits vom BAF getroffen, an die der Gesetzgeber die „automatische“ Rechtsfolge des zwingenden Bauverbots knüpft.⁷ Die Entscheidung des BAF hat einen konstitutiv-feststellenden Inhalt: es wird verbindlich festgestellt, ob durch die Errichtung der Bauwerke Flugsicherungseinrichtungen gestört werden können. Wegen des sich daran zwingend anknüpfenden Bauverbots hat damit die Entscheidung des BAF den Charakter eines Tatbestandsmerkmals für dieses Bauverbot. Einer Genehmigungsbaubehörde bleibt damit im Wesentlichen nur noch die Möglichkeit einer Mitteilung über die durch Gesetz festgelegte und von der BAF getroffene Feststellung und die sich zwingend daran anknüpfenden Rechtslage (Bauverbot) an den Antragsteller. Eine eigene Entscheidungskompetenz

⁷ A. A. Federwisch/Dinter, Windenergieanlagen im Störfeld der Flugsicherung, NVwZ 2014, 403 ff., nach denen die Entscheidung des BAF lediglich eine verwaltungsinterne Mitwirkungshandlung ist und in dem zugrunde liegenden Genehmigungsverfahren der Baubehörde lediglich mitzuberücksichtigen ist.

der Luftfahrtbehörde oder gar der Genehmigungsbehörde sieht § 18a LuftVG nicht vor. Die Luftfahrtbehörde fungiert lediglich als Mittler der Entscheidung zwischen BAF und Genehmigungsbehörde. Die Genehmigungsbehörde hat sodann die Entscheidung des BAF lediglich umzusetzen. Materiell rechtlich ist eine eigene, u. U. anders lautende, Abwägungsentscheidung nach dieser Rechtskonstruktion von vornherein ausgeschlossen.

Diese Sichtweise wird auch durch einen Vergleich der Ursprungsfassung des § 18a LuftVG (1979) mit der Fassung bestätigt, die die Vorschrift im Jahre 2009 bekommen hat. Während die damalige Bundesanstalt für Flugsicherung ursprünglich Störungen gegenüber der obersten Landesluftfahrtbehörde lediglich „anzuzeigen“ hatte, hat seit 2009 das BAF selbst über die Möglichkeit einer Störung zu „entscheiden“. Auch wenn sich aus der Gesetzesbegründung⁸ kein Hinweis für den Grund dieser Änderung ergibt, so kann daraus nicht hergeleitet werden, dass diese Änderung keine Bedeutung hat. Selbst wenn sich der „Wille des Gesetzgebers“ nicht aus der Gesetzesbegründung erschließt, so ist er doch in erster Linie aus dem Wortlaut einer Vorschrift zu entnehmen. Dies muss jedenfalls dann gelten, wenn der Wortlaut einer Vorschrift geändert wurde. Will man dem Gesetzgeber nicht nur ein Spiel mit Worten unterstellen, so wird man in einer Änderung des Wortlauts einen Willen unterstellen müssen. Der Begriff „Entscheidung“ ist zudem nicht nur eine redaktionelle Verbesserung der ursprünglichen Begriffs „Anzeige“, zumal er in § 35 Satz 1 VwVfG für die Definition des Verwaltungsakts verwendet wird.

Im Übrigen darf nicht verkannt werden, dass der Gesetzgeber mit seiner Änderung tatsächlich eine Klarstellung in verschiedener Hinsicht bewirkt hat: Infolge der passivischen Formulierung des § 18a LuftVG („Bauwerke dürfen nicht errichtet werden ...“) hat die Vorschrift den Charakter eines gesetzlichen Bauverbots. Insofern unterscheidet sich die Vorschrift von den §§ 12 und 14 LuftVG, in denen ein Bauvorhaben von der Genehmigung der zuständigen Behörde abhängt. Ein gesetzliches Bauverbot von einer bloßen „Anzeige“ auslösen zu lassen, gegen die wegen ihres fehlenden Regelungscharakters nicht einmal ein Rechtsschutz gegeben ist, ist verfassungsrechtlich ausgesprochen kritisch. Zudem war mit dem Begriff „Anzeige“ nur das Flugsicherungsinteresse abgedeckt, während mit dem Begriff „Entscheidung“ auch die Interessen des betroffenen Eigentümers in das Prüfprogramm einzubeziehen sind, womit dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz Rechnung getragen werden kann. Die Gesetzesänderung aus dem Jahre 2009 hat also in zweierlei Hinsicht eine verfassungsrechtlich akzeptable Rechtslage geschaffen, indem zum einen (materiell) der Eingriff in das Eigentum nicht mehr bloß von einer „Anzeige“ abhängig ist, und indem zum anderen das gesetzliche Bauverbot nunmehr von einem (vom Betroffenen anfechtbaren) Verwaltungsakt („Entscheidung“) des BAF ausgelöst wird.

Im Hinblick auf den Rechtsschutz stellt sich deshalb die Frage, ob es sich bei der Zurückweisung des Bauantrags in der Folge der „Entscheidung“ nach § 18a LuftVG überhaupt um einen Verwaltungsakt handelt oder nur um die Mitteilung einer bestehenden Rechtslage ohne eigenständigen Regelungsgehalt. Die Qualifikation der Maßnahme des BAF als „Entscheidung“ und nicht bloß als „Zustimmung“ zu der von einer anderen

⁸ BT-Drucks. 16/11608.

Behörde zu treffenden Entscheidung (so aber die Konstruktion der §§ 12 und 14 LuftVG) spricht für die letztgenannte Sichtweise.

Das Bundesverwaltungsgericht hat entschieden, es könne ein Indiz für die Qualifikation einer Maßnahme als eines Verwaltungsakts sein, dass der mitwirkenden Behörde die ausschließliche Wahrnehmung bestimmter Aufgaben und die alleinige Geltendmachung besonderer Gesichtspunkte übertragen worden sind.⁹ Wie oben dargestellt, ist dies vorliegend für das BAF und die Frage der Störung von Flugsicherungseinrichtungen durch Bauwerke der Fall. Und nur so wird auch der unterschiedliche Wortlaut der betreffenden Regelungen ausreichend berücksichtigt. Eine Feststellung des Bauverbots kann im Übrigen auch unabhängig von einem Genehmigungsverfahren (bei einer genehmigungsfreien Errichtung) getroffen werden. Jedenfalls in einem solchen Fall wäre eine Feststellung des BAF kein reines Verwaltungsinternum, und es besteht auch kein Anlass, deren Rechtscharakter für die vorliegende Konstellation anders zu beurteilen. Die Entscheidung des BAF kann damit unmittelbar vom Baubewerber angefochten werden (als ihn belastender Verwaltungsakt)¹⁰, während die ablehnende Antwort der Genehmigungsbehörde auf den Bauantrag des Baubewerbers lediglich ein Hinweis auf die bestehende Rechtslage darstellt, der als solcher nicht angefochten werden kann, weil er selbst keine unmittelbare Rechtsbeeinträchtigung enthält.

Die Mehrheit des Schrifttums und der Rechtsprechung¹¹ sieht in der Entscheidung des BAF jedoch lediglich ein Verwaltungsinternum im Rahmen eines mehrstufigen Verwaltungsakts.

Letztlich kommt es auf den Unterschied zwischen beiden Ansichten jedoch nicht an. Denn gemäß Art. 19 Abs. 4 Satz 1 GG muss in jedem Fall ein ausreichender Rechtsschutz gegen die Entscheidung des BAF möglich sein. Im Ergebnis wird dies auch bei beiden Ansichten zufolge erreicht, entweder gegen direkt die Entscheidung des BAF selbst oder indirekt im Rahmen einer Inzidenter-Kontrolle eines den Bauantrag ablehnenden Bescheids. In beiden Fällen wäre eine Überprüfung der Entscheidung somit zulässig. Zum Prüfungsumfang des § 18a LuftVG vgl. 3.7.3.3 Prüfungsumfang des § 18a LuftVG.

Um das Bauverbot auch ausreichend umsetzen und beachten zu können, ist im Vorfeld der geplanten Errichtung von Bauwerken ein entsprechender Informationsaustausch zwischen den beteiligten Behörden erforderlich.

Das BAF unterrichtet die jeweils zuständigen Luftfahrtbehörden der Länder über die Standorte aller Flugsicherungseinrichtungen und Bereiche um diese herum, in denen Störungen durch Bauwerke zu erwarten sind. Damit definiert das BAF die Anlagenschutzbereiche, in denen die Luftfahrtbehörden der Länder eine Zustimmung nach § 18a LuftVG einzuholen haben. Diese wissen somit, für welche Bauvorhaben sie die Entscheidung des BAF herbeiführen müssen.

Flugsicherungsorganisationen müssen dem BAF ihre Flugsicherungseinrichtungen und die Bereiche melden, die zu Anlagenschutzbereichen (Bereich um einen Standorte ei-

⁹ BVerwGE 26, 31, 39.

¹⁰ A.A. Federwisch/Dinter, a.a.O., m.w.N., die die Entscheidung des BAF als Verwaltungsinternum ohne Außenwirkung ansehen, die nur im Rahmen des Rechtsbehelfsverfahrens wegen der versagten Genehmigung zu überprüfen ist.

¹¹ Vgl. für alle: Meyer/Wysk, § 18a, Rn. 55.

ner Flugsicherungseinrichtung) bestimmt werden sollen. So wird sichergestellt, dass für alle relevanten Flugsicherungsanlagen entsprechende Anlagenschutzbereiche festgelegt werden können.

Im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens wird der Verwaltungsvorgang von der Baubehörde an die jeweils zuständige Landes-Luftfahrtbehörde (teilweise gibt es mehr als eine Behörde pro Land; Berlin und Brandenburg unterhalten eine gemeinsamen Behörde) weitergeleitet, die die weitere Bearbeitung der Fälle übernimmt. Sie stellt fest, ob ein Anlagenschutzbereich betroffen ist. Verneint die Luftfahrtbehörde dies, dann ist eine Befassung des BAF i. S. des § 18a LuftVG für das Bauvorhaben entbehrlich. Sofern jedoch ein Anlagenschutzbereich von dem Bauvorhaben betroffen ist, hat die Luftfahrtbehörde das BAF mit dem Verwaltungsvorgang zu befassen.

Durch die notwendige Einschaltung der Luftfahrtbehörden wird erreicht, dass nicht jede Baubehörde mit dem BAF oder gar einer Flugsicherungsorganisation in Kontakt tritt (Bündelungsfunktion) und die Luftfahrtbehörden auch einen Überblick über entsprechende Bauvorhaben in den Anlagenschutzbereichen haben (Informationsfunktion).

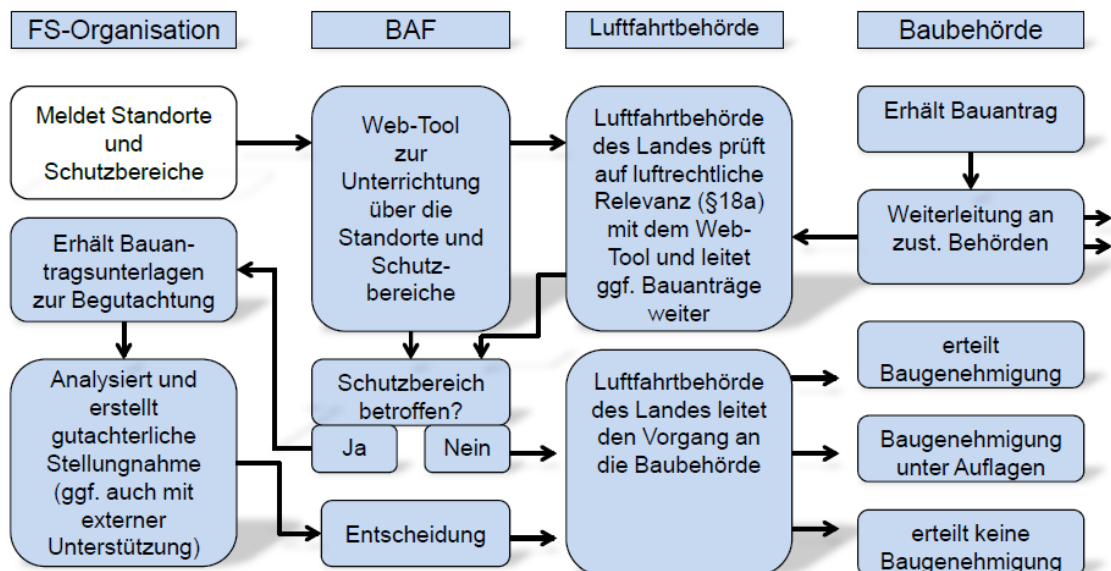


Abbildung 3-35: Verfahren nach § 18a LuftVG [Quelle: DFS]

Mit dem oben dargestellten Verfahren (siehe Abbildung) werden die Vorgaben des ICAO EUR Doc 015 eingehalten.

Ein weiterer Unterschied zu den Regelungen der §§ 12, 14 LuftVG ist, dass die Entscheidung nach § 18a LuftVG nicht der Genehmigungsfiktion des § 12 Abs. 2 Satz 2 LuftVG unterliegt. Dies ergibt sich aus dem Fehlen eines Verweises auf die Regelung zur Genehmigungsfiktion sowie aus dem Schutzzweck des § 18a LuftVG. § 12 Abs. 2 Satz 3 LuftVG bietet für die Prüfung der Belange der Flugsicherung ein Abweichen von der Genehmigungsfiktion. Im Rahmen des § 18a LuftVG, in dem es ausschließlich um Belange der Flugsicherung geht, ist die Berücksichtigung einer ausreichenden Überprüfung möglicher Störeinflüsse sicherzustellen. Im Übrigen folgt dies aus der unterschiedlichen Struktur der Vorschriften; es ergäbe sich hier ansonsten ein Widerspruch zwischen dem materiellen Bauverbot und einer formellen Genehmigungsfiktion. Die formelle Genehmigungsfiktion kann aber materielles Recht nicht ändern.

Dennoch obliegt es dem BAF, im Sinne des § 10 Satz 2 VwVfG eine zügige Bearbeitung der Anfragen durchzuführen und die Entscheidung als Teil des Verwaltungsverfahrens herbeizuführen.

Eine frühzeitige Beteiligung des BAF bzw. einer Flugsicherungsorganisation ist aus Sicht von Bauherren und Genehmigungsbehörden naturgemäß wünschenswert. Eine vorgezogene Bauleitplanung kann aber den Zustand bei Baugenehmigung nicht reflektieren, auf den es bei einer Bewertung im Rahmen einer fachtechnischen Analyse aber ankommt. Im Vergleich zur vorgezogenen Bauleitplanung können sich durch die Konkretisierungen im Genehmigungsverfahren Änderungen ergeben, die Einfluss auf das Ergebnis der fachtechnischen Analyse haben können.

3.7.3.3 Prüfungsumfang des § 18a LuftVG

Die Entscheidung des BAF, die das Bauverbot nach § 18a LuftVG auslöst, setzt eine Bewertung darüber voraus, ob Flugsicherungseinrichtungen gestört werden können.

Für eine (mögliche) Störung genügt nicht jede bloße Beeinträchtigung einer Flugsicherungseinrichtung; vielmehr kommt es darauf an, dass die Beeinträchtigung nicht mehr hinnehmbar ist.¹² Fraglich ist, ab welchem Beeinträchtigungsgrad dies angenommen werden kann.

Die Möglichkeit einer Störung kann nur mittels einer Prognose geklärt werden, da es gerade darauf ankommt, dass eine Störung durch die Errichtung des Bauwerks nicht eintritt.

Für eine korrekte Prognose kommt es vor dem Hintergrund der Gefahrenabwehr auf eine hinreichende Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintritts an. Was die inhaltlichen Parameter der Störungsfreiheit von Flugsicherungseinrichtungen anlangt, so ist nicht nur auf eine Gefährdung von Leib oder Leben abzustellen, sondern darauf, wie der Gesetzgeber die Funktion der Flugsicherung selbst definiert. Hier ist auf § 27c Abs. 1 LuftVG zu verweisen, der als erstes zwar auch die Sicherheit betont, aber auch andere Aspekte wie die Flüssigkeit des Luftverkehrs nennt. Auch wenn eine Flugsicherungseinrichtung insofern gestört werden kann, ist dies in der Abwägung mit dem Eigentumsinteresse des Antragstellers zu berücksichtigen und kann somit eine ablehnende Entscheidung des BAF rechtfertigen.

Eine Störung im Sinne der §§ 18a, 27c LuftVG ist deshalb anzunehmen, wenn eine Flugsicherungseinrichtung die vorgesehenen Parameter (Fehlertoleranzen) nicht einhält und damit nicht mit der Präzision arbeitet, die für sie vorgesehen ist. Welche Parameter von einer Flugsicherungseinrichtung erwartet werden, ist – wie bereits dargelegt – in den Vorgaben der ICAO (vgl. 3.5 und 3.6) beschrieben. Da diese nicht ausdrücklich in verbindliches deutsches Recht übernommen worden sind, handelt es sich bei diesen technischen Spezifikationen um fachliche Standards und Verfahren, die auf internationalen Erkenntnissen und Erfahrungen beruhen und sich bei der Mehrheit der anerkannten Fachleute und Gremien durchgesetzt haben. Sie spiegeln den Stand der Technik und Entwicklung wider und werden global anerkannt und angewandt. Ein Abweichen von den in solchen Spezifikationen veröffentlichten Parametern ist nur unter

¹² Ebenso Federwisch/Dinter, Windenergieanlagen im Störfall der Flugsicherung, NVwZ 2014, 403 ff., die den Begriff der Störung allerdings nicht unter Bezug auf die Funktionsfähigkeit der Flugsicherung interpretieren.

besonderen Bedingungen sachlich gerechtfertigt, insbesondere bei einer Aktualisierung des Stands von Wissenschaft und Technik oder infolge sonstiger rechtlicher Impulse, wie sie insbesondere vom Eigentumsrecht ausgehen können. Insofern ist zunächst festzustellen, dass der Gesetzgeber in § 18a LuftVG der Funktionsfähigkeit der Flugsicherung grundsätzlich und deutlich Vorrang gewährt hat.

Denn die Sicherstellung des Funktionierens von Flugsicherungseinrichtungen ist gerade der Schutzzweck des § 18a LuftVG (vgl. 3.7.3.2 und die Gesetzesbegründung¹³).

Das Recht des Einzelnen an seinem Eigentum muss deshalb immer insoweit zurückstehen (als Konkretisierung der Sozialpflichtigkeit oder ggfls. als enteignender Eingriff), als es für die Funktionsfähigkeit der Flugsicherung notwendig ist. Wegen der hierdurch entstehenden Einschränkung der Baufreiheit kommt es deshalb aber insbesondere darauf an, bei einer Bewertung dieser Notwendigkeit bestehende Spielräume zu Gunsten der Baufreiheit auszuschöpfen. Nur so kann eine grundrechtskonforme Regelung getroffen werden. Andernfalls läge ein willkürliches und damit unverhältnismäßiges Bauverbot vor, das einem enteignungsgleichen Eingriff gleich käme. Sofern alternative Maßnahmen infrage kommen, die die Funktionsfähigkeit der Flugsicherung ebenso gewährleisten, aber schonendere Auswirkungen auf das Eigentum haben, ist deshalb zu Gunsten der Baufreiheit zu entscheiden.

Bei der Bewertung einer Störung von Flugsicherungseinrichtungen in § 18a LuftVG ist im Rahmen seiner verfassungskonformen Auslegung neben der technischen Betrachtung auch auf die betriebliche Nutzung der Flugsicherungseinrichtung einzugehen. Ein Abstellen nur auf die Fehlertoleranz, wie es der Wortlaut des Gesetzes fordert, kann im Einzelfall zu einem unberechtigten Bauverbot führen.

Ob nun aber eine Störung vorliegt, hängt somit maßgeblich von der fachtechnischen Analyse ab, nämlich der Art und Weise, eine wissenschaftlich korrekte Prognose zu erstellen. Das deutsche Recht legt keine Vorgaben hinsichtlich der anzuwendenden Methode fest. Folglich obliegt es der Verantwortung der Flugsicherungsorganisation, eine geeignete Methode für die fachtechnische Analyse im Rahmen der gutachtlichen Stellungnahme anzuwenden. Zu der von der DFS angewendeten Methode, siehe 4 Analyse der fachtechnischen Einzelfallprüfung

Wie bereits oben (vgl. 3.7.3.2) dargelegt, muss eine Entscheidung des BAF auch gerichtlich überprüfbar sein. Der Regelfall ist die volle Überprüfbarkeit einer Verwaltungsentscheidung. Ausnahmen hiervon bedürfen wegen der Einschränkung des Rechtsschutzes besonderer Begründung.

Geht man zunächst von einer vollen gerichtlichen Überprüfung der Entscheidung des BAF aus, würde sich die Prüfung auf zwei Gegenstände beziehen: Zum einen die rechtliche Frage, wann die Möglichkeit einer Störung von Flugsicherungseinrichtungen vorliegt. Die Störung als unbestimmter Rechtsbegriff unterliegt der vollen gerichtlichen Kontrolle. Bereits hier hätte ein Gericht jedoch die Schwierigkeit festzulegen, ab welcher Schwelle der Beeinträchtigung eine Störung angenommen werden kann. Dies hängt insbesondere von der Einhaltung der Fehlertoleranzen gemäß den Vorgaben der ICAO und im Übrigen aber von einer verfassungskonformen Auslegung und Anwendung des § 18a LuftVG ab. Bereits hier ist also auf technisches Fachwissen abzustel-

¹³ BT-Durcks. 8/3431.

len, das einem Gericht grundsätzlich fehlt, so dass es sich hier auf die Bildung zutreffender Vorgaben verlassen muss.

Anschließend kommt es im zweiten Schritt auf die Prognose bzw. Berechnung der Einhaltung der Toleranzen an. Auch die bei der fachtechnischen Analyse verwendete Methode ist eine naturwissenschaftlich-technische Frage, die gerichtlich voll überprüfbar ist. Denn die dem BAF/der DFS in § 18a LuftVG zugewiesene institutionalisierte Sachkompetenz bedeutet nicht, dass BAF bzw. DFS ihre Analyse und die zugrundeliegende Methode nicht offenlegen müssten. Der Rechtscharakter der „Entscheidung“ des BAF als Verwaltungsakt nach § 35 VwVfG bringt es mit sich, dass diese Entscheidung den Anforderungen der §§ 37 und 39 VwVfG genügen muss, d. h. die Entscheidung muss inhaltlich hinreichend begründet sein (§ 37 Abs. 1 VwVfG); ferner sind in der Begründung die wesentlichen tatsächlichen und rechtlichen Gründe mitzuteilen, die die Behörde zu ihrer Entscheidung bewogen haben (§ 39 Abs. 2 Satz 1 VwVfG). Nur auf diese Weise ist es möglich, die Entscheidung nachzuvollziehen sowie – im Sinne eines effektiven Rechtsschutzes – eventuelle Widersprüche und/oder Fehler aufzudecken. Gerade weil der Gesetzgeber der DFS/dem BAF in § 18a LuftVG eine institutionalisierte Sachkompetenz zuweist, sind hohe Anforderungen an die Darlegung und Begründung zu stellen.

Schließlich ist zu berücksichtigen, dass es vor dem Hintergrund des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes auch um die Frage geht, ob es – im Falle der Fehlerhaftigkeit der angewandten Methode – alternative Methoden gibt, die die Funktionsfähigkeit der Flugsicherungseinrichtungen ebenfalls gewährleisten und gleichzeitig die Eigentumsrechte weniger beeinträchtigen.

3.7.3.4 Schlussfolgerungen

Die Regelungen zum Genehmigungsverfahren entsprechen den Vorgaben der ICAO. Sie sind ihrem Wortlaut nach jedoch in rechtlicher Hinsicht nicht zufriedenstellend. Weder berücksichtigen sie die Rechtsschutzgarantie des Art. 19 Abs. 4 GG ausreichend, noch wird dem Eigentumsrecht des Art. 14 GG ausreichend Rechnung getragen. Nur durch verfassungskonforme Auslegung und Anwendung des § 18a LuftVG lässt sich eine korrekte Feststellung hinsichtlich eines bestehenden Bauverbots treffen.

Es sollte deshalb erwogen werden, den § 18a LuftVG um die Klarstellung zu ergänzen, dass das BAF seine Entscheidung unter Abwägung mit den Eigentümerinteressen des Antragstellers zu treffen hat.

3.8 Darstellung und Umsetzung in anderen Ländern

Nachfolgend soll dargestellt werden, wie die Verwaltungspraxis in anderen ausgewählten europäischen Ländern hinsichtlich der Genehmigungsverfahren für die Errichtung von Windenergieanlagen aussieht.

3.8.1 Dänemark

Das dänische Recht sieht im Hinblick auf Genehmigungsverfahren für die Errichtung von Windenergieanlagen eine Bewertung des geplanten Bauwerks hinsichtlich seiner Wirkung auf Flugsicherungseinrichtungen vor.

Das dänische Luftverkehrsgesetz enthält in den §§ 61-68 Regelungen, die mit deutschen Regelungen zum Bau- bzw. Anlagenschutzbereich durchaus vergleichbar sind.

Dazu gehört auch die Möglichkeit für die Transportbehörde Auflagen, Bauverbote, Änderungs- oder Abrissverfügungen zu erlassen, wenn durch das betreffende Bauwerk (geplant bzw. bereits errichtet) eine Gefahr für den Luftverkehr ausgeht.

Die Bewertung, ob von geplanten Bauwerken eine Gefahr für den Luftverkehr ausgeht, erfolgt zunächst an Hand seiner geographischen Lage. In Zusammenarbeit mit der dänischen Flugsicherungsorganisation (NAVIAIR) und gestützt auf das ICAO EUR Doc 015 hat die Transportbehörde ein Webtool entwickelt, das eine Landkarte mit den Standorten von Radaranlagen, Funknavigationssystemen und anderen Luftfahrteinrichtungen Dänemarks enthält¹⁴. Aus dieser Karte lassen sich Pufferzonen für die jeweiligen Einrichtungen entnehmen¹⁵, in denen Baubeschränkungen bestehen. Diese Baubeschränkungen gelten für alle Bauwerke und nicht lediglich für WEA. An Hand der Karte können Bauherren überprüfen, ob ein gewählter Standort konfliktrichtig im Hinblick auf Luftfahrteinrichtungen ist. Die Belegenheit innerhalb einer solchen Pufferzone schließt die Möglichkeit der Errichtung aber nicht von vornherein aus. Vielmehr wird dann die dänische Flugsicherungsorganisation beauftragt, das Sicherheitsrisiko zu beurteilen und ggf. Auflagen für die Errichtung (bis zum Verbot) zu formulieren.

Die ICAO-Vorgaben sind nicht selbst in dänisches Recht übernommen worden. Grundsätzlich geht man von einer Zulässigkeit von WEA auch bei einer geplanten Errichtung innerhalb einer Pufferzone aus, wobei dann eine fachtechnische Analyse durchzuführen ist. Diese ist aber nicht allein der Flugsicherungsorganisation vorbehalten, sondern sie wird gerade bei vermuteten Störungen auch anerkannten Fachleuten für Flugsicherung anvertraut.

Dänemark hält sich somit an die Vorgaben des ICAO EUR Doc 015, wobei sich aus der Darstellung nicht ergibt, nach welcher Methode die fachtechnische Analyse durchgeführt wird und welche Fehlertoleranzen für den zu erwartenden Winkelfehler akzeptiert werden. Vorgaben hierzu werden von Seiten der dänischen Transportbehörde wohl aber nicht gemacht. Vielmehr obliegt es den die fachtechnische Analyse durchführenden Stellen, zutreffende Fehlertoleranzen zu verwenden.

3.8.2 Vereinigtes Königreich

Das britische Recht sieht im Hinblick auf Genehmigungsverfahren für die Errichtung von Windenergieanlagen eine Bewertung vor, ob das geplante Bauwerk im Einklang mit den Bedürfnissen der Flugsicherung zu bringen ist. Die Vorgaben für die Genehmigung, zu der auch eine Vorprüfung gehören kann, finden sich u. a. im Planning Act 2008 [62].

Im Rahmen der Prüfung bzw. Vorprüfung stellt die britische CAA in Zusammenarbeit der britischen Flugsicherungsorganisation NATS ein Kartentool (Aviation Safeguarding Maps bzw. Self-Assessment Maps, [43]) zur Verfügung, an Hand derer Bauherren überprüfen können, ob Beeinträchtigungen für Flugsicherungseinrichtungen zu erwarten sind. Für VOR/DVOR (hier wird der Begriff „Navigations Aids“ als Oberbegriff verwendet) sind „consultation zones“ mit einem Radius von 10 km ausgewiesen. Innerhalb

¹⁴ Das Webtool ist unter <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?profile=miljoegis-nst> öffentlich zugänglich. Für die Verwendung ist in der linken Spalte „Luftfahrt“ und Luftfartsanlæg“ bzw. „Luftfartsanlæg – respektafstande“ auszuwählen.

¹⁵ Die Pufferzonen für die Flugsicherungseinrichtungen betragen 1-3 km für Anlagen und Bauwerke und 15 km für Windenergieanlagen.

dieser Bereiche gelegene WEA müssen einer weiteren Bewertung unterzogen werden, um zu ermitteln, ob von ihnen keine Beeinträchtigung von Flugsicherungseinrichtungen zu erwarten ist.

CAP 670, GEN02.18 legt standardmäßige Schutzbereich für VOR festgelegt.

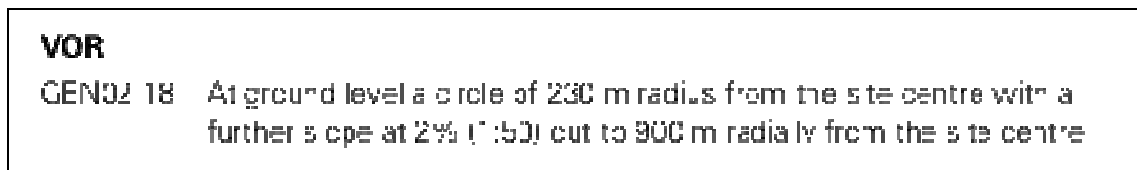


Abbildung 3-36: Standardmäßiger VOR-Schutzbereich nach CAP 670 [Quelle [7]]

Laut CAP 670, GEN02.10 stellt dieser Schutzbereich nur eine Empfehlung in Ermangelung anderer Angaben dar. Sofern andere Angaben zur Konkretisierung des Schutzbereichs vorliegen (etwa solche des Herstellers), sollen diese verwendet werden. Bei Bedarf kann der Schutzbereich jedoch abweichen.

Konkrete Vorgaben, wie eine solche fachtechnische Analyse durchzuführen ist, bestehen nicht. Die von der CAA zur Verfügung gestellte einfache Level-of-Service Analysemethode berücksichtigt nur den geographischen Standort der Anlage und ihre Höhe. Hieraus lassen sich aber nicht mit der notwendigen Präzision Aussagen ableiten, ob eine nicht hinnehmbare Beeinträchtigung vorliegt. Im CAP 764 [8], Appendix B – Radar Assessment Methodology werden Hinweise gegeben, was eine solche fachtechnische Analyse zu berücksichtigen habe. Es obliegt dem Antragsteller in Zusammenarbeit mit Fachleuten eine geeignete und belastbare Prognose zu erstellen. Die CAA hat kein präferiertes Prognosemodell. Stattdessen empfiehlt sie die Prognose mit dem betroffenen Betreiber der Flugsicherungseinrichtung zu erstellen. So kann sichergestellt werden, dass das Prognosemodell geeignet ist und auch die konkreten Belange des jeweiligen Betreibers von Flugsicherungseinrichtungen ausreichend Berücksichtigung finden.

Für die fachtechnische Analyse können aus dem britischen Luftfahrtrecht einzuhalten- de Fehlertoleranzen abgeleitet werden. Die Werte ergeben sich aus den für die Überprüfung von VOR-Anlagen bestehenden Vorschriften (CAP 670 [7], dort unter NAV03.4):

Parameter	Limits
Alignment	± 2° (1955)
Bends	± 3.5° (1956)
Roughness and Scalloping	± 3° (1957)
Coverage	90 microvolts per metre (1958). At commissioning only, useable signals up to an elevation angle of 40 degrees (1959).
Modulation 30Hz and 9960Hz	± 2% (1960)
Voice	Clear (1961)
Identification	Clear (1962)

Polarisation	$\pm 2^\circ$ (1963)
--------------	----------------------

Tabelle 3-6: Anforderungen bezüglich Genauigkeit von VOR [Quelle: [7]]

Aus den Anforderungen an die Genauigkeit lassen sich keine Schlussfolgerungen für die Auswirkung von WEA auf VOR/DVOR ziehen. Diese Anforderungen müssen jedoch in dem Prognosemodell der fachtechnischen Analyse berücksichtigt werden.

Aus dem Vorgenannten ergibt sich für das Vereinigte Königreich, dass keine Festlegung hinsichtlich einer Bewertungsmethode besteht. Vielmehr wird eine enge Abstimmung zwischen dem WEA-Betreiber und der jeweiligen Flugsicherungseinrichtung angestrebt, die Konflikte reduzieren soll. Die Letztentscheidungsbefugnis über die Errichtung bleibt dennoch bei der CAA. Die Vorgaben des ICAO EUR Doc 015 werden im Ergebnis nicht vollständig ins britische Recht übernommen.

3.8.3 Schweiz

Das schweizerische Recht sieht im Hinblick auf Genehmigungsverfahren für die Errichtung von Windenergieanlagen eine Überprüfung des geplanten Objekts vor. Gerade für die Schweiz gilt, dass sogar weit entfernte Windkraftwerke aus topografischen Gründen Flugsicherungsanlagen stören können.

Einschlägig für die Prüfung sind die Art. 63 ff. der Verordnung über die Infrastruktur in der Luftfahrt (VIL). Im Vergleich zum deutschen Recht gibt es keine Unterscheidung nach Belangen der Flugsicherheit im Hinblick auf die Hindernisfreiheit bzw. technischen Belangen der Flugsicherung. Art. 63 VIL stellt lediglich auf die Überschreitung bestimmter Höhen durch das geplante Objekt (je nach Standort) ab. Sobald ein Objekt diese Höhe überschreiten soll, ist für seine Erstellung oder Änderung die Einholung einer Bewilligung des BAZL notwendig. Die schweizerische Flugsicherungsorganisation Skyguide führt eine Verträglichkeitsprüfung für das BAZL durch. Die Bewilligung wird im Einvernehmen mit dem Department für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport erteilt, wobei letztlich das BAZL über die Annahme oder Ablehnung eines Bauprojekts entscheidet.

Aus der Darstellung ergibt sich nicht, welche Methode im Rahmen der fachtechnischen Analyse genutzt wird und welche Fehlertoleranzen für den zu erwartenden Winkelfehler akzeptiert werden.

Die Vorgaben des ICAO EUR Doc 015 werden im Ergebnis nicht vollständig ins schweizerische Recht übernommen. Gerade das Abstellen auf die Höhe des Objekts berücksichtigt ausreichend solche Belange der Flugsicherung, die sich eben nicht auf die Hindernisfreiheit stützen.

3.8.4 Schlussfolgerungen

Aufgrund der eher uneinheitlichen Verwaltungspraxis in anderen Ländern sind keine zwingenden Schlüsse für die deutsche Verwaltungspraxis zu ziehen. Es lässt sich jedoch feststellen, dass in allen Ländern die Frage der Genehmigung entscheidend von der jeweils gewählten Bewertungsmethode (fachtechnische Analyse) abhängt.

4 Analyse der fachtechnischen Einzelfallprüfung

4.1 Darstellung von Mess- und Simulationsverfahren zur Ermittlung elektromagnetischer Störeinflüsse durch Objekte

4.1.1 Geltungsbereiche von Mess- und Simulationsverfahren

Insbesondere bei technischen Fragestellungen, für die nur bedingt Messverfahren zum Einsatz kommen können, ist die Anwendung von Simulationen in bestimmten Situationen durchaus gerechtfertigt. Grundsätzlich muss dabei zwischen verschiedenen Arten der Simulation (z. B. Schnellzeit vs. Echtzeit, Dynamisch vs. Statisch) unterschieden werden. Prinzip bedingt ist der sinnvolle Einsatz von Simulationen jedoch an verschiedene Randbedingungen gebunden.

Zunächst müssen Eigenschaften, Aufbau und Funktionsweise des zur Fragestellung gehörenden Untersuchungsgegenstandes und der mit ihm wechselwirkenden Umgebung (= reales System) bekannt und möglichst vollständig verstanden sein. Aus diesem Wissen muss nun, bereits unter Berücksichtigung der später anzuwendenden Lösungsmethoden, ein hinreichend genaues Modell entwickelt werden. Neben maßstäblichen gegenständlichen Modellen, kommen heute hauptsächlich mathematisch-physikalische Modelle zum Einsatz, die anschließend mit numerischen Methoden berechnet werden können. Bei der Überführung des realen Systems in ein Modell kommt es zwangsläufig zu Vereinfachungen bzw. Annahmen. Dies hängt allgemein ab von:

- Vollständigkeit des Verständnisses des realen Systems
- Kenntnis und Anwendbarkeit mathematischer Methoden für die Modellierung
- Auswahl numerischer Methoden für die Berechnung
- Vorhandene Ressourcen (Aufwand für Modellierung, Rechenleistung)

Hieraus lässt sich bereits erkennen, dass Ergebnisse von Simulationen nicht ohne weiteres auf das reale System übertragbar sind. Um dieses grundsätzlich zu gewährleisten, muss der Gültigkeitsbereich der Simulation (z. B. Randbedingungen, Bereichsgrenzen, ggf. Aus- und Annahmen) festgelegt werden. Darüber hinaus ist eine Validierung unumgänglich. Im günstigsten Fall lässt sich eine Simulation durch eindeutige Messwerte aller relevanten Parameter des realen Systems validieren. Ergebnis einer positiven Validierung ist dann der Nachweis der Übertragbarkeit von Ergebnissen auf das reale System für den zuvor festgelegten Gültigkeitsbereich bzw. die eindeutige Ermittlung von Abweichungen bestimmter Parameter. Bei letzterem muss entschieden werden, ob und inwieweit die Simulation für den jeweiligen Zweck verwendbar ist.

Diese Art der Validierung wird beispielsweise im Bereich der professionellen Flugsimulation angewandt. Im Rahmen der Pilotenausbildung werden für die Anwendbarkeit von Flugsimulatoren eindeutige Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit der jeweiligen Simulation festgelegt. Konkret wird das Systemverhalten eines Flugsimulators dann anhand von Flugtestdaten des realen Luftfahrzeuges (jährlich) validiert. In diesem konkreten Fall werden in Europa die Anforderungen an Flugsimulatoren von der EASA (*European Aviation Safety Agency*) in der CS-FSTD(A) (*Certification Specifications for Aeroplane Flight Simulation Training Devices*) verbindlich festgelegt [21]. Für die Einhaltung der Anforderungen und die jährliche Überprüfung ist in Deutschland das Luftfahrt Bundesamt (LBA) zuständig.

4.1.2 Verfahren nach Morlaas et al. 2008

4.1.2.1 Geltungsbereich

Die hier vorliegende Veröffentlichung „*Wind Turbine Effects on VOR System Performance*“, [5] bearbeitet grundsätzlich die anspruchsvolle Thematik der funktechnischen (VHF) Wechselwirkungen zwischen VOR-Sendeanlagen und Windenergieanlagen. Leider wird in den Ausführungen kein eindeutiger Geltungsbereich hinsichtlich räumlicher Ausdehnung definiert. In den verschiedenen Berechnungen beträgt die maximal zugrunde gelegte Entfernung zwischen VOR-Sendeanlage und WEA 7.170 m (Fig. 19). Nach Aussage der Autoren soll die vorgestellte Methode auf konventionelle (CVOR) und Doppler-VOR-Anlagen anwendbar sein.

4.1.2.2 Modellierung

Zunächst werden die geometrischen und die elektrischen Eigenschaften eines Rotorblattes einer WEA mittels eines relativ aufwändigen CAD-Modells dreidimensional nachgebildet. Die dabei gemachten Vereinfachungen sollen hier jedoch nicht weiter Gegenstand der Betrachtung sein.

Jedoch ist anzumerken, dass an anderer Stelle möglicherweise unzulässige Vereinfachungen gemacht werden. Insbesondere wird nicht von einer elektromagnetischen Welle über dem Boden (gekrümmte Erdoberfläche) ausgegangen, sondern von einer ebenen Welle (plane Wave, ebener Untergrund). Hintergrund dieser Vorgehensweise ist der Umstand, dass in diesem Fall, ab einer von der Wellenlänge abhängigen Entfernung, ein elektromagnetisches Fernfeld angenommen werden kann, welches sich leichter berechnen lässt. Diese Annahme muss jedoch durch die realen Umstände an einer WEA bezweifelt werden, da beispielsweise nicht davon ausgegangen werden kann, dass über die gesamte Höhe der WEA dieselbe Amplitude und Phase vorliegen.

Darüber hinaus erscheinen die Korrekturen des (unzulässig) angenommenen ebenen Untergrundes (spiegelbildliches Störobjekt, Antennentheorie) zu stark vereinfacht. Die in der Realität auftretenden stark unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten des Bodens, und damit seine Reflexionseigenschaften, bleiben unberücksichtigt und können auch nicht durch eine „Worst-Case“ Annahme sinnvoll kompensiert werden.

4.1.2.3 Validierung

Eine Validierung der durch die Berechnungen ermittelten Ergebnisse anhand spezifischer Messungen einer realen Testumgebung findet nicht statt. Lediglich im Bereich der Modellierung der Rotorblätter erfolgt eine Teilvalidierung durch numerische Methoden für die Fernfeldannahme einer ebenen Welle (plane Wave). Diese wird jedoch nur angewandt, um von einem sehr komplexen „Full Dielectric Blade Model“ (Abschnitt II.) zu einem „Simplified CAD Model“ (Abschnitt IV.) zu gelangen. Die Validierung des „Full Dielectric Blade Model“, beispielsweise durch Labormessungen, erfolgt jedoch nicht, sodass die Validierungskette unvollständig bleibt.

4.1.2.4 Anwendbarkeit auf reales VOR und DVOR

Grundsätzlich ist die hier beschriebene Studie in den Bereich der technisch-physikalischen Grundlagenforschung einzuordnen und besitzt in diesem Kontext einen durchaus hohen Stellenwert. Allerdings sind die gemachten Vereinfachungen (Fernfeldannahme, ebene elektromagnetische Welle, ebener Untergrund konstanter Dielekt-

rizität) in Verbindung mit einer fehlenden Validierung durch Messungen an einer Testumgebung, als kritisch hinsichtlich direkter Übertragung der Ergebnisse in eine reale Umgebung einzustufen.

Eine direkte Nutzung der dort insgesamt beschriebenen Methode für konkrete technische Fragestellungen, insbesondere zur Berechnung von konkreten Störpotentialen (z. B. Azimutwinkelfehler), erscheint deshalb mehr als fraglich.

4.1.3 Folgestudie Morlaas et al. 2009

Auf Basis der in 4.1.2 beschriebenen Studie, haben dieselben Autoren die Folgestudie „*Propagation Model for Estimating VOR Bearing Error in the Presence of Windturbines – Hybridation of Parabolic Equation with Physical Optics*“ [6] veröffentlicht, die einige wesentliche Veränderungen bzw. Weiterentwicklungen beinhaltet. Bereits im Titel wird auf den neuen Ansatz bzgl. Modellierung der Ausbreitung des VOR-Signals hingewiesen, wenngleich es vollständig „*Hybridation of Parabolic Wave Equation with Physical Optics Approximation*“ lauten müsste (*Zusammenführung der Parabolischen Wellengleichung mit der physikalischen Optik [Wellenoptik]*).

Wie in 4.1.2.2 bereits kritisiert, wird nunmehr keine ebene elektromagnetische Welle für die Ausbreitung des Signals (zwischen VOR-Station und einer einzelnen WEA) angenommen, sondern die Ausbreitung wird mittels der parabolischen Wellengleichung beschrieben. Dies ermöglicht nun auch grundsätzlich die Berücksichtigung der Geländecharakteristik und eines entsprechenden Höhenmodells. Die Streuungen bzw. die Reflexionen dieses Signals durch die einzelnen WEAs werden dann mittels den Gesetzmäßigkeiten der Wellenoptik beschrieben und berechnet. Ob die, nach Aussage der Autoren, mögliche Anpassung an die Besonderheiten eines DVOR auch bereits durchgeführt wurde, kann der Veröffentlichung leider nicht entnommen werden, sodass die Ergebnisse zum jetzigen Zeitpunkt grundsätzlich in Bezug auf ein VOR zu diskutieren sind.

Ebenso wie in 4.1.2.3 erfolgt jedoch keine Validierung der Teilmodelle (bzw. der gesamten Methode) durch Messergebnisse. Lediglich bestimmte Annahmen bzw. Vereinfachungen werden mit numerischen Methoden hinsichtlich Abweichungen bzw. Übereinstimmungen untersucht.

Das in dieser Studie gewählte Testszenario bestand aus 21 WEAs in einem hügeligen Gelände von 1.000 m mal 2.000 m, mit insgesamt 1.000 simulierten Messpunkten, wobei die einzelnen WEAs zwischen 1.000 m und 2.000 m vom VOR entfernt waren.

Abbildung 12 in dieser Studie zeigt den simulierten Peilungsfehler des VOR bis zu einer Entfernung von 60 km. Interessant sind hier die Unterschiede zur vorangegangenen Studie, die sich teilweise um eine ganze Größenordnung unterscheiden. Unabhängig davon erscheinen die hier auch mit der neuen Methode ermittelten maximalen Peilungsfehler von 55° etwas übertrieben. Die Autoren merken darüber hinaus an, dass die in diesem Fall hochfrequenten Oszillationen in einem realen Empfänger wahrscheinlich durch Tiefpass-Filterung entfernt würden. Dies zeigt nochmals deutlich, dass ohne hinreichend genaue Modellierung eines VOR-Empfängers keine Abschätzungen über einen wirksamen Peilungsfehler getroffen werden können.

Unabhängig davon ist auch die Modellierung der Empfängerantenne weiter stark idealisiert. Ein reales Empfängermodell wird, bereits erwähnt, ebenfalls vermisst. Diese Defizite stellen jedoch nicht den grundsätzlichen Ansatz infrage, der mit den hier vorlie-

genden Ergebnissen durchaus entwicklungsfähig erscheint. Um die hier dargestellte Methode zu festigen bzw. ausreichend zu vervollständigen, sind jedoch verschiedene Erweiterungen notwendig.

Nicht beurteilt werden kann an dieser Stelle, ob die für die Umsetzung der Methode notwendige Formulierung als Computerprogramm ausreichend genau erfolgt ist. Dies gilt insbesondere für die beschriebenen Vereinfachungen aufgrund der zur Verfügung stehenden Rechenkapazität.

Insgesamt wird daraus deutlich, dass nur eine echte Validierung durch Messdaten aus einer definierten Testumgebung eine praxistaugliche Übereinstimmung der Methode mit der Realität sicherstellen kann. Dass dies grundsätzlich möglich ist, konnte im Einzelfall bereits in 5.2 Messkampagne Flight Calibration Service „DVOR“ 2014 aufgezeigt werden.

4.2 Darstellung und Bewertung relevanter Entscheidungen/Gutachten

Die deutsche Verwaltungsgerichtsbarkeit ist in den letzten Jahren bereits mehrfach mit der Errichtung von WEA befasst worden. Dabei ist gegenwärtig noch eine teils uneinheitliche Rechtsprechung festzustellen. Bislang sind nur Entscheidungen von Gerichten unterer Instanzen ergangen. Höchstrichterliche Rechtsprechung ist wohl nicht früher als in ca. zwei Jahren zu erwarten.

Im Folgenden sollen die wesentlichen Gerichtsentscheidungen und den Autoren bekannten Gutachten (chronologisch nach Entscheidungsdatum) dargestellt und für die Zwecke des Gutachtens bewertet werden. Die entscheidenden Erkenntnisse sind bereits in die Darstellung und Analyse des Genehmigungsverfahrens (vgl. 3.7.3) eingeflossen.

4.2.1 Urteil des VG Hannover vom 22.09.2011, 4 A 1052/10

4.2.1.1 Sachverhalt

Dem Urteil des VG Hannover liegt eine Klage eines WEA-Betreibers zu Grunde, mit der er einen Vorbescheid über die bauplanungsrechtliche Zulässigkeit von vier WEA begehrt.

Der Vorbescheid wurde wegen eines Bauverbots nach § 18a LuftVG von der Behörde abgelehnt.

Die Klage hatte teilweise Erfolg.

4.2.1.2 Kernthemen

Das Urteil ist insbesondere hinsichtlich des Prüfungsmaßstabs nach § 18a LuftVG und dem anlagenimmanenten Fehler interessant.

Die bauplanungsrechtliche Zulässigkeit wurde für drei der vier beantragten WEA abgelehnt, weil diese außerhalb eines im Flächennutzungsplan festgelegten Vorrangstandorts für Windenergiegewinnung lagen. Insoweit war Luftrecht nicht betroffen und nicht zu prüfen.

Für die vierte WEA wurde das von dem BAF angenommene Bauverbot nach § 18a LuftVG abgelehnt. Das Gericht qualifizierte die Entscheidung des BAF als Mitwirkungsakt einer anderen Behörde in einem Genehmigungsverfahren, der gerichtlich in vollem Umfang überprüfbar ist.

Dem gerichtlich angelegten Maßstab hat das Bauverbot nicht Stand gehalten. Zutreffend geht das Gericht von der Maßgeblichkeit der ICAO-Vorgaben für die Beurteilung des Störpotentials aus. Das Gericht sieht die ICAO-Vorgaben unabhängig von ihrer Verbindlichkeit als fachliche Standards an. Dabei gesteht das Gericht der Flugsicherungseinrichtung nicht den vollen Betrag des zulässigen anlagenimmanenten Fehlers von $\pm 2^\circ$ zu. Vielmehr stellt das Gericht auf den realen Winkelfehler ab, weil nur die tatsächliche Vorbelastung bei der Beurteilung der zu erwartenden Störung Berücksichtigung finden solle. Diese Reduzierung der Fehlertoleranz reduziert aber den von den ICAO-Dokumenten zugestandenen Spielraum des Anlagenbetreibers. Diese Fehlertoleranz ist die einzige von der ICAO explizit vorgegebene. Eine solche Reduzierung des Fehlerbudgets ist aber nicht sachgemäß. Dadurch erhöht sich das Risiko, dass die Anlage „schneller“ einen unzulässigen Fehler entwickelt und deshalb häufiger abzuschalten sein wird. Damit stünde sie auch nicht mehr für die Navigation zur Verfügung.

Das Gericht nutzt für die Gesamtfehlerberechnung eine von der DFS abweichende Methode, die zu einem geringeren als maximal zulässigen Winkelfehler kommt. Dies begründet das Gericht mit einer wissenschaftlichen Diskussion, die noch keine abschließende Meinung über die Notwendigkeit der Berücksichtigung des sog. Doppler-Effekts erlaube. Weil eine abschließende Meinung hierzu aber nicht möglich sei, könne sich das BAF bzw. die DFS auch nicht hierauf berufen.

4.2.1.3 Schlussfolgerungen

Das Urteil lässt sich grundsätzlich (jedenfalls hinsichtlich der einen bewilligten WEA) auf die Rechtsfragen des Gutachtens übertragen.

Insbesondere ist hervorzuheben, dass im Rahmen der Entscheidung, welche Methode zur Berechnung des Gesamtfehlers angewandt wird, nicht pauschal zu Gunsten der Methode des BAF entschieden wird, sondern eine im Ergebnis geringer belastende Methode gewählt wird.

4.2.2 Urteil des VG Schleswig vom 29.03.2012, 6 A 23/11

4.2.2.1 Sachverhalt

Dem Urteil des VG Schleswig-Holstein liegt eine Klage eines WEA-Betreibers zu Grunde, mit der er die Erteilung eines immissionsschutzrechtlichen Vorbescheids hinsichtlich der luftverkehrsrechtlichen Zulässigkeit der Errichtung und des Betriebs von sieben WEA (drei Neuerrichtungen, vier Repowering) begehrt. Das BAF hat entschieden, dass die geplanten WEA eine Störung einer Flugsicherungseinrichtung (DVOR) darstellen. Die Baubehörde versagte daraufhin den immissionsschutzrechtlichen Vorbescheid.

Die Klage wurde abgewiesen.

4.2.2.2 Kernthemen

Das Urteil befasst sich im Wesentlichen mit der Entscheidung des BAF sowie den Anforderungen an eine Störung hinsichtlich der Gefahrenprognose. Die für die Überprüfung gewählte Methode des BAF bzw. der DFS wird nur einer Vertretbarkeitskontrolle unterzogen.

Das Gericht stuft die Entscheidung des BAF i. S. des § 18a LuftVG als reines Verwaltungsinternum ohne Außenwirkung ein. Die Entscheidung lässt sich in dem Verfahren

zur Überprüfung der Versagung des immissionsschutzrechtlichen Vorbescheids inzident überprüfen. Dabei soll eine Störung nur vorliegen, wenn nach einer fachtechnischen Analyse davon auszugehen ist, dass nach den ICAO-Normen bestimmte Toleranzen überschritten werden. Das Gericht begründet die Beachtung der Vorgaben der ICAO mit ihrer Funktion als fachliche Standards für die Beurteilung des Störpotentials.

Zum Zeitpunkt der Gerichtsentscheidung bestand eine kontroverse wissenschaftliche Diskussion zu Messungen und Simulationen zur Ermittlung des Winkelfehlers, so dass keine einheitliche allgemein anerkannte wissenschaftliche Meinung hierzu bestand. Das Gericht hat deshalb die Überprüfung der Entscheidung des BAF auf eine Vertretbarkeitskontrolle beschränkt. Über die Fragen der Ermittlung des Winkelfehlers hinaus wurden auch weitere ihn betreffende Fragen aufgeworfen, nämlich welche Toleranzgrenzen aus den einschlägigen ICAO-Dokumenten zu Grunde zu legen sind und welche Winkelfehler durch die Anlage selbst bzw. die bereits vorhandene Umgebung zu berücksichtigen sind. Hier widerspricht das Gericht der Entscheidung des VG Hannover, wonach nicht die reale Winkelabweichung, sondern die für den Betrieb der Anlage mögliche Winkelabweichung zu Grunde zu legen ist. Andernfalls würde der von den ICAO-Dokumenten zugestandene Spielraum für den Anlagenbetreiber reduziert.

Das Urteil lässt sich auf die Rechtsfragen des Gutachtens übertragen.

Gerade die Problematik des Winkelfehlers und seiner korrekten Ermittlung beziehen sich auf den Prüfungsmaßstab des § 18a LuftVG und die fachtechnische Analyse. Das Gericht zieht sich wegen der uneinheitlichen naturwissenschaftlich-technischen Position auf einen „konservativen“ Standpunkt zu Gunsten des BAF zurück. Dabei setzt es sich jedoch nicht mit dem Recht auf Eigentum nach Art. 14 GG auseinander. Dies ist ein verkürzendes Verständnis von Inhalt und Funktion des § 18a LuftVG.

4.2.3 Urteil des VG Aachen vom 24.07.2013, 6 K 248/09

4.2.3.1 Sachverhalt

Dem Urteil des VG Aachen liegt eine Klage eines WEA-Betreibers zu Grunde, mit der er die Erteilung eines immissionsschutzrechtlichen Vorbescheids hinsichtlich der luftverkehrsrechtlichen Zulässigkeit der Errichtung und des Betriebs von zwei WEA begehrt. Die Zustimmung bzw. Genehmigung wurde von der Luftfahrtbehörde bzw. der Baubehörde versagt.

Die zwei WEA mit einer Höhe von jeweils ca. 150 m sind in dem Erfassungsbereich einer ASR-Antenne belegen, die als Flugsicherungseinrichtung für den Flughafennahbereich fungiert. Bereits 5 Jahre zuvor hatte das VG Aachen demselben Kläger die Errichtung von zwei WEA in dem entsprechenden Bereich durch Verpflichtungsurteil gestattet. Seinerzeit entschied das Gericht, dass die Zustimmung zu erteilen sei, weil das Vorliegen einer konkreten Gefahr für die Sicherheit des Luftverkehrs nicht ersichtlich gewesen sei und Bedenken nach § 18a LuftVG überhaupt nicht vorgetragen wurden. Die Klage wird auf die das erste Urteil tragende Argumentation gestützt.

Im Rahmen des nunmehr streitgegenständlichen Verwaltungsverfahrens wurde die Versagung der Zustimmung sowohl auf § 14 LuftVG als auch auf § 18a LuftVG gestützt. Danach würden die betroffenen WEA Schwierigkeiten bei der Radarerfassung verursachen. Die Zielerfassung der ASR-Antenne werde bereits durch bestehende WEA nachhaltig beeinträchtigt. Im Vergleich zu den für das Gutachten relevanten DVOR dient eine ASR-Antenne nicht zur Positionsbestimmung für den Luftfahrzeug-

führer, sondern dient Fluglotsen zur Beobachtung und Steuerung des Luftverkehrs im Flughafennahbereich. WEA würden durch ihre Rotorbewegungen aber die Signale dergestalt beeinträchtigen, dass in ihrem Bereich „blinde Flecke“ entstehen und ein Lotse damit nicht erkennen kann, ob sich innerhalb des blinden Flecks ein Luftfahrzeug bewegt. Durch die Errichtung der streitgegenständlichen WEA träte eine weitere Beeinträchtigung hinzu, weil das „einsehbare Feld“ weiter reduziert und der Luftverkehr in dem Bereich nicht erfasst werden würde.

Der Kläger hatte mit seiner Klage Erfolg.

4.2.3.2 Kernthemen

Das Urteil befasst sich im Wesentlichen mit der luftverkehrsrechtlichen Zustimmung nach § 14 LuftVG und stellt erstmals das Verhältnis von §§ 12, 14 und § 18a LuftVG zueinander dar. Dabei versteht das Gericht die regulative Systematik so, dass Belange der Flugsicherheit bezogen auf Flugsicherungseinrichtungen ausschließlich bei § 18a LuftVG relevant sind. Das Gericht stellt den in einem solchen Fall anzuwendenden Prüfungsmaßstab dar, der zweistufig aufgebaut ist.

Das Gericht rügt die auf § 14 LuftVG gestützte Zustimmungsversagung und erläutert das Verhältnis von §§ 12, 14 LuftVG zu § 18a LuftVG durch die korrekt festgestellte Systematik des Luftverkehrsgesetzes.

Die Systematik wird wie im vorliegenden Gutachten in den Ausführungen zum Genehmigungsverfahren erläutert. Danach wird auch richtig entschieden, dass im vorliegenden Fall § 14 LuftVG betroffen ist, weil die geplanten WEA höher sind als 100 m. Demnach muss auch die zivile Luftfahrtbehörde prüfen, ob gegen die Errichtung der WEA Bedenken aus luftverkehrsrechtlichen Gründen bestehen. Der Prüfungsumfang hat sich dabei ausschließlich auf solche Gefahren zu beschränken, die aus der Höhe des Bauwerks resultieren, also ob sie ein Hindernis für die Luftfahrt darstellen (Rn. 61). Das Gericht gibt auch Beispiele dafür, wann dies relevant werden könnte (namentlich werden Tiefflugstrecken der Bundeswehr oder aber auch An- und Abflugbereiche von Segelflugplätzen, für die regelmäßig kein Bauschutzbereich festgelegt ist; Rn. 61, 63).

Die im vorliegenden Fall vorgebrachten Bedenken betreffen aber keine luftverkehrsrechtlichen Aspekte i. S. des § 14 LuftVG, sondern ausschließlich die Auswirkungen auf die ASR-Anlage. Diese Belange der Flugsicherheit können nur im Rahmen des § 18a LuftVG überprüft und geltend gemacht werden. Damit wurde die bestehende Rechtsprechung der Kammer aufgegeben, welche auch die Beeinträchtigung der Radarerfassung von Luftfahrzeugen durch die von WEA erzeugten Radarbilder im Rahmen des § 14 LuftVG berücksichtigt.

Zum Sachverhalt stellt das Gericht fest, dass im Rahmen des § 18a LuftVG ein Bauverbot nur dann angenommen werden darf, wenn die Beeinträchtigung der Flugsicherungseinrichtung nicht mehr hinnehmbar ist (Rn. 97). Zutreffend ist auch die Auffassung, dass im Ergebnis nicht jede Beeinträchtigung einer Radaranlage dafür ausreicht (Rn. 99). Die Schlussfolgerung des Gerichts, dass nicht nur hypothetisch, sondern mit hinreichender Wahrscheinlichkeit in überschaubarer Zukunft mit einem Schadenseintritt (Kollision, gefährliche Annäherung) zu rechnen ist, wobei in die Prognose auch künftige Entwicklungen (wie bereits konkretisierte Ausbaupläne eines Flughafens oder konkretisierte Modernisierungsmaßnahmen [...]) einzustellen sind, kann allerdings nicht geteilt werden. Denn damit werden die Anforderungen an die Gefahr und damit

die Störung der Flugsicherungseinrichtung überspannt. Nach dem Schutzzweck des § 18a LuftVG ist nämlich die maßgebliche Schwelle nicht erst die Gefährdung der Sicherheit des Luftverkehrs, sondern bereits die der Funktionsfähigkeit von Flugsicherungseinrichtungen im Sinne des § 27c LuftVG.

Richtigerweise wird dann eine zweistufige Prüfung durchgeführt, ob einerseits überhaupt eine technisch belegte Beeinträchtigung der Radaranlage vorliegt und ob diese andererseits zu einer Störung führt (Rn. 103). Innerhalb des zweiten Schritts sollen auch flugbetriebliche Gesichtspunkte in die Prüfung einbezogen werden. Dies wird dem Anspruch an eine verfassungskonforme Auslegung und Anwendung des § 18a LuftVG gerecht.

4.2.3.3 Schlussfolgerungen

Das Urteil ist wegen einer anderen Art von Flugsicherungseinrichtung nicht direkt auf den Gegenstand des Gutachtens zu übertragen. Es kommt nicht auf die Problematik des Winkelfehlers an. Erstmals wird jedoch die Systematik des Schutzes des Luftverkehrs durch Bauwerke behandelt, wonach die Störwirkung von WEA für Flugsicherungseinrichtungen ausschließlich im Rahmen des § 18a LuftVG zu prüfen sind.

Dennoch setzt sich das Urteil leider nur unzureichend mit der Erheblichkeitsschwelle der Beeinträchtigung auseinander und stellt auf einen hier zu engen Gefahrenbegriff ab.

4.2.4 Maslaton-Gutachten vom 30.08.2013

4.2.4.1 Sachverhalt

Dem Gutachten der Maslaton Rechtsanwaltsgesellschaft mbH liegt der Auftrag eines WEA-Betreibers zu Grunde, dessen Antrag auf Erteilung einer immissionsrechtlichen Genehmigung zur Errichtung von fünf WEA (vier Neuerrichtungen, ein Repowering) von der zuständigen Baubehörde abgelehnt wurde. Die Ablehnung wurde auf ein Bauverbot gem. § 18a LuftVG gestützt, weil der maximale Winkelfehler gemäß einer Plausibilitätsberechnung der DFS durch die Errichtung überschritten werde. Im Rahmen des Auftrags soll abermals überprüft werden, ob dem Vorhaben tatsächlich die eingewandten luftverkehrsrechtlichen Belange entgegenstehen.

Dabei wird insbesondere die aktuelle Rechtsprechung (v. a. VG Aachen) reflektiert.

4.2.4.2 Kernthemen

Das Gutachten stellt zunächst den für die Errichtung von WEA geltenden Rechtsrahmen unter Berücksichtigung der Vorschriften des LuftVG, des BauGB und des BImSchG dar.

Ferner legt das Gutachten den Prüfungsmaßstab dar, der im Rahmen des § 18a LuftVG angewendet werden soll. Es trifft auch Aussagen zur Geltung von ICAO-Spezifikationen und zu dem Winkelfehler, ab dem eine Störung anzunehmen sei. Im Rahmen der Prüfung nach § 18a LuftVG müsse neben den naturwissenschaftlich-technischen Gesichtspunkten auch luftfahrtbetriebliche Gesichtspunkte einbezogen werden.

Das Gutachten stützt sich im Wesentlichen auf das o. g. Urteil des VG Aachen. In dem konkreten Fall wird dem VG Aachen folgend nur eine Prüfung nach § 18a LuftVG vor-

genommen, weil die zu errichtenden WEA in dem Anlagenschutzbereich einer Flugsicherungseinrichtung belegen sind und nicht höher als 100 m sind.

Der bei § 18a LuftVG angewendete Prüfungsmaßstab für die Feststellung entspricht dem des VG Aachen. Die Prüfung, ob Auswirkungen von WEA auf Flugsicherungseinrichtungen eine Störung darstellen, erfolgt in zwei Schritten. Zunächst muss eine nachteilige Beeinflussung festgestellt werden, die als naturwissenschaftlich-technische Frage grundsätzlich der vollen gerichtlichen Kontrolle unterliegt. Darüber hinaus muss auch eine Erheblichkeitsschwelle überschritten werden, so dass die Beeinträchtigung nicht mehr hinnehmbar ist.

Für die erste Frage werden dem Gutachten zu Folge eine hinreichend wahrscheinliche Minderung der Funktion, mithin eine konkrete Gefahr für die Funktionsfähigkeit, verlangt. Dies ist Gegenstand der fachtechnischen Analyse. Im Folgenden erfordere der zweite Schritt die Einbeziehung flugbetrieblicher Gesichtspunkte, die einen Schadenseintritt künftig hinreichend wahrscheinlich machen.

Zutreffend wird festgestellt, dass nicht allein deswegen schon von einer Störung ausgegangen werden kann, weil die geplante WEA innerhalb des Anlagenschutzbereichs liegt. Eine gegenteilige Auffassung widerspräche der Systematik des § 18a LuftVG. Danach ist außerhalb von Anlagenschutzbereichen von keiner Störung auszugehen. Innerhalb von Anlagenschutzbereichen sind Störungen vorstellbar, so dass auch die entsprechende fachtechnische Analyse durchgeführt werden soll. Dies impliziert aber gerade, dass allein der Standort nicht zu einer Störung führt. Sonst wäre eine fachtechnische Analyse überflüssig.

Die ICAO-Spezifikationen sind für die Beurteilung einer nicht mehr zumutbaren Störung der Flugsicherungseinrichtung anwendbar und auch allein ausschlaggebend. Dies wird mit der Verbindlichkeit von ICAO-Vorgaben für Deutschland begründet.

Das Gutachten macht darauf aufmerksam, dass noch keine einheitliche Rechtsprechung dazu besteht, ob der größte zulässige Winkelfehler +/- 3° (VG Schleswig) oder +/- 3,5° (VG Hannover) sein dürfen. Ferner kritisiert es die Annahme eines geräteimmanenten Fehlers von +/- 2°. Dieser sei zu hoch angesetzt und reduziere das für andere Beeinträchtigung durch andere Fehlerquellen vorgesehene Fehlerbudget. Hinsichtlich des Winkelfehlers wird unter Berücksichtigung der flugbetrieblichen Vorschriften richtigerweise dem höheren Wert der Vorzug gegeben (vgl.3.6).

Ferner wird bemängelt, dass kein luftfahrtbetrieblicher Bezug bei der Feststellung der Störung hergestellt wird. Dies sieht § 18a LuftVG insoweit gar nicht vor, als die Störung bereits alleine bei Überschreitung der Fehlertoleranzen eintritt.

Das Gutachten kritisiert, dass im Rahmen der fachtechnischen Analyse nicht klar wird, welcher Fehler genau auf die jeweils beantragte WEA zurückzuführen sei und eine sachgerechte Berücksichtigung der vorhandenen Vorbelastung nicht erfolge. Daher empfiehlt das Gutachten eine weitere Begutachtung dieser naturwissenschaftlich-technischen Frage durch einen Sachverständigen.

Die Darlegungslast für das Vorliegen einer Störung ordnet das Gutachten der Flugsicherungsorganisation zu, die sich auf eine nicht hinnehmbare Beeinträchtigung ihrer Flugsicherungseinrichtung beruft. Da das BAF die abschließende Entscheidung hierüber trifft, ist es aber ebenso von der Darlegungslast betroffen.

Das Gutachten kommt zu zwei Ergebnissen, dass nämlich weder eine widerspruchsfreie und schlüssige Darlegung einer durch die Vorhaben hervorgerufenen Funktionsbeeinträchtigung vorliegt, noch eine Darlegung eines daraus resultierenden hinreichend wahrscheinlichen Schadenseintritts.

Letzteres ist jedenfalls nicht haltbar. Das Gutachten sieht einen möglichen Schaden – wie bereits das VG Aachen – nicht bereits in der Nichteinhaltung der ICAO-Toleranzen, sondern nutzt einen überspannten Gefahrenbegriff.

Die Frage der Funktionsbeeinträchtigung ist naturwissenschaftlich-technischer Natur, so dass sie der gerichtlichen Überprüfung zugänglich ist. Relevant wird der Maßstab, der einer solchen Prüfung zu Grunde gelegt wird.

Das Maslaton-Gutachten stellt abschließend fest, dass für die Praxis jedenfalls nur über ein Gerichtsverfahren zu klären sein wird, in wie weit die Entscheidung des BAF nach § 18a LuftVG eine Bindungswirkung für die Verwaltung besitzt oder ob sie im Rahmen einer Abwägungsentscheidung durch die Immissionsschutzbehörde „weggewogen“ werden kann. Dazu rät das Gutachten bei der zuständigen Behörde „vorzuführen“ und die Behörde zu überzeugen versuchen, es auf ein Gerichtsverfahren ankommen zu lassen.

4.2.4.3 Schlussfolgerungen

Das Gutachten lässt sich auf die Rechtsfragen des hier vorliegenden Gutachtens übertragen.

Der im Gutachten ausführlich thematisierte Prüfungsmaßstab des § 18a LuftVG setzt bei der Ermittlung des Winkelfehlers wie auch bei dem anlagenimmanenten Fehler auf eine Besserstellung von WEA-Betreibern. Ob diese sich durchsetzen werden können, bleibt abzuwarten.

Der im Gutachten geäußerten Auffassung, dass die Immissionsschutzbehörde einen eigenen Ermessensspielraum habe und sich in einer Abwägung auch über die Entscheidung des BAF hinwegsetzen kann, ist das VG Oldenburg mit Beschluss vom 05.02.2014 (vgl. 4.2.5) tatsächlich gefolgt. Insoweit ist diese Rechtsauffassung auch praktisch relevant geworden.

4.2.5 Beschluss des VG Oldenburg vom 05.02.2014, 5 B 6430/13

4.2.5.1 Sachverhalt

Dem Beschluss des VG Oldenburg liegt ein Antrag der DFS auf einstweiligen Rechtsschutz zu Grunde, mit dem die DFS sich gegen die sofortige Vollziehung einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb von fünf Windenergieanlagen wendet.

Zuvor stellte die Antragsgegnerin einen Bebauungsplan auf, auf dessen Grundlage sich die immissionsschutzrechtliche Genehmigung stützt. Im Rahmen des Bauleitplanverfahrens wurde das BAF nicht beteiligt. Eine Entscheidung des BAF i. S. des § 18a LuftVG, wonach ein Bauverbot für die geplanten WEA bestünde, wurde erst nach Planaufstellung mitgeteilt.

Die DFS macht geltend, dass die Genehmigung bereits deshalb rechtswidrig sei. Neben der Verletzung materiellen Rechts rügt sie die Verletzung eigener Rechte. Dazu zählt sie Rechte als Flugsicherungsorganisation, ihre Grundrechte aus Art. 12 und 14

GG sowie aus § 18a LuftVG hergeleitete Rechte. Im Übrigen wird darum gestritten, wie groß der maximal zulässige Winkelfehler sein darf. Über die materiell rechtlichen Fragen hinaus beschäftigt sich das Gericht auch mit der formalrechtlichen Stellung der Beteiligten in dem Genehmigungsverfahren (Kompetenzfragen).

Die DFS ist mit ihrem Antrag ohne Erfolg geblieben.

4.2.5.2 Kernthemen

Das Gericht befasst sich ausführlich mit der Rolle der DFS im Rahmen der Baubeschränkungen und des Bauverbots nach §§ 12, 14 und 18a LuftVG. Diese ist gegenüber dem BAF nur untergeordnet. Die DFS kann sich nicht selbst gegen fehlerhafte Genehmigungen wehren, lediglich das BAF sei klage- bzw. antragsbefugt.

Das Gericht trifft auch Festlegungen zu den Voraussetzungen des Bauverbots nach § 18a LuftVG und zu seiner Beachtung im immissionsschutzrechtlichen Verfahren.

4.2.5.3 Analyse

Der Beschluss des VG Oldenburg ist insoweit bemerkenswert, als dass sich das Gericht trotz Ablehnung des Antrags wegen Unzulässigkeit trotzdem ausführlich mit der Prüfung der Begründetheit des Antrags befasst. Grundsätzlich erfolgt eine Prüfung der Begründetheit jedoch nur, sofern ein solcher Antrag auch zulässig ist. Warum sich das Gericht im vorliegenden Fall so ausführlich mit der Begründetheitsprüfung befasst hat, lässt sich der Entscheidung nicht entnehmen. Letztlich kommt es auf diese Argumentation auch nicht an. Mit dem Beschluss hat das Gericht aber zu erkennen gegeben, welchen Prüfungsmaßstab das Gericht hinsichtlich der Störung von Flugsicherungseinrichtungen i. S. des § 18a LuftVG anwenden will.

Das Gericht reduziert die Rolle der DFS als rein private Erbringerin von Flugsicherungsdienstleistungen und lehnt dementsprechend die Zulässigkeit des Antrags mangels Antragsbefugnis der DFS ab. Es ist aber durchaus zweifelhaft, ob durch eine Baugenehmigung, die im Widerspruch zur „Entscheidung“ des BAF steht, nicht auch die DFS (neben dem BAF) in ihren subjektiven Rechten verletzt sein kann.

Gleich an zwei Stellen (Zulässigkeit, Rn. 19, und Begründetheit, Rn. 34) geht das Gericht auf den Schutzzweck des § 18a LuftVG ein und verkürzt ihn nur auf den Schutz der Allgemeinheit durch die Sicherheit des Luftverkehrs. Dass auch die Funktionsfähigkeit von Flugsicherungseinrichtungen vom Schutzzweck der Norm umfasst ist, lässt das Gericht außer Acht.

Im Rahmen der Zulässigkeit müsste der Schutzzweck der Norm ihr eine drittschützende Wirkung geben. Diese wird im Schrifttum durchaus bejaht (Wysk, § 18a Rn. 55 vgl. [26]), vom Gericht jedoch im Wesentlichen mit der Begründung abgelehnt, die Verantwortung für die Sicherheit der Navigationsanlagen sei eine hoheitliche Aufgabe des BAF. Das BAF solle sich dabei zwar der Expertise der jeweils betroffenen Flugsicherungsorganisation bedienen, die Durchsetzung der objektiven Rechtsordnung jedoch obliege dem BAF. Die Geltendmachung einer Verletzung des Bauverbots sei damit nur dem BAF und nicht der DFS möglich. Die gesetzlich zugewiesene Rolle sehe nicht vor, dass eine Flugsicherungsorganisation dieses Recht stellvertretend wahrnehme.

Die gesetzlich vorgesehene Rollenverteilung zwischen BAF und DFS lässt jedoch den gegenteiligen Schluss zu. Die Frage, welche von zwei betroffenen Organisationseinheiten klagebefugt ist, hängt nicht zuletzt davon ab, in welchem Umfang die beiden Stel-

len jeweils die gemeinsame einheitliche Aufgabe wahrzunehmen haben. Insofern ist hier festzustellen, dass die DFS nicht bloß für einzelne Verfahrenshandlungen beliehen worden ist, sondern dort, wo sie beliehen wurde, für die Aufgabe der Flugsicherung in ihrer Gesamtheit. Zudem ist diese Aufgabe der DFS nicht vom BAF übertragen worden, sondern durch Rechtsverordnung des BMV. Das BMV lässt die Gesamtaufgabe Flugsicherung also von zwei Stellen ausüben: zum einen von der von ihm selbst beliehenen Flugsicherungsorganisation und zum anderen von der Oberbehörde BAF als aufsichtsführende Stelle. Es geht bei dieser Aufgabe also nicht um eine Aufgabe, die von der Flugsicherungsorganisation für das BAF wahrgenommen wird, sondern um eine eigenständige Aufgabe der Flugsicherungsorganisation. Konsequenterweise muss diese Aufgabe auch als „eigene“ Aufgabe von der Flugsicherungsorganisation wahrgenommen werden können, und zwar auch durch eine eigene Klagebefugnis.

Auf die vom Gericht zusätzlich erörterte Frage, ob die DFS für eine Klagebefugnis einen Grundrechtseingriff (Eingriff in die Substanz des Eigentums, in das Recht am eingerichteten und ausgeübten Gewerbebetrieb und in die Berufsausübungsfreiheit) geltend machen kann, kommt es deshalb nicht mehr an.

Im Rahmen der – wie eingangs erwähnt – nicht notwendigen Begründetheitsprüfung trifft das Gericht auch wesentliche Aussagen der Rolle des § 18a LuftVG im immissionsschutzrechtlichen Verfahren. Es vertritt die Auffassung, dass eine Genehmigungsbehörde sich über die Entscheidung des BAF hinwegsetzen darf. Das Gericht begründet dies mit der Konzentrationswirkung als maßgeblicher Verfahrensvorschrift, weil die Prüfungs- und Letztentscheidungsbefugnis bei der Immissionsschutzbehörde liege. Innerhalb der Prüfung müsse demnach auch § 18a LuftVG berücksichtigt werden, so dass auch die Genehmigungsbehörde einen Entscheidungsspielraum habe [27]. Das Gericht hält die Entscheidung des BAF deshalb lediglich für einen nicht bindenden Mitwirkungsakt.

Diese im Beschluss statuierte Abweichungsbefugnis widerspricht dem Wortlaut des § 18a LuftVG und der Systematik der §§ 12, 14, 18a LuftVG, wonach ein Abweichen von der Entscheidung des BAF unzulässig ist. Unabhängig vom Vorliegen anderer Gutachten, sieht § 18a LuftVG die endgültige und abschließende Entscheidung ausschließlich beim BAF.

Interessanterweise begründet das Gericht seinen Standpunkt ebenfalls auf Grundlage des Wortlauts und der Systematik des Gesetzes. Gerade wegen der unterschiedlichen Formulierung im Gegensatz zum Zustimmungserfordernis der §§ 12, 14 LuftVG geht das Gericht davon aus, dass der Gesetzgeber eine unterschiedliche Durchsetzungsfähigkeit gewollt habe. Hier wird jedoch verkannt, dass der Gesetzgeber ein gesetzliches Bauverbot erlassen hat. Bei Vorliegen der Voraussetzungen ist eine Abwägung durch die Verwaltung nicht statthaft. In den Fällen des Zustimmungserfordernisses hingegen kann eine Abwägungsentscheidung getroffen werden. Dann kann eine Errichtung selbst unter Auflagen möglich sein. Die Fiktionswirkung § 12 Abs. 2 Satz 3 LuftVG kann nur zu Gunsten einer Entscheidung eintreten, die der Abwägung zugänglich ist. Nur in einem solchen Fall kann es überhaupt auf eine Zustimmung ankommen. Bei einer Störung legt der Gesetzgeber aber eine einzige und ausnahmslose Rechtsfolge – nämlich das Bauverbot – fest. Dann kann aber auch keine Fiktionswirkung eintreten, wonach ein gesetzlich bestehendes Bauverbot doch nicht bestehen solle. Im Übrigen ist für eine zügige Verfahrensabwicklung die Fiktionswirkung des § 12 Abs. 2 Satz 3

LuftVG nicht notwendig. Bereits nach § 10 VwVfG sind sowohl das BAF als auch jede Flugsicherungsorganisation in ihrer Funktion als Beliehene zur zügigen Durchführung des Verwaltungsverfahrens verpflichtet.

Wegen der unzutreffenden Annahme, dass die Entscheidung des BAF nicht bindend ist, kommt das Gericht zu einer Überprüfung der fachtechnischen Analyse, die nicht von der Flugsicherungsorganisation, sondern von einem Gutachter der Behörde durchgeführt wurde. Im Rahmen der nur summarischen Prüfung im Verfahren des einstweiligen Rechtsschutzes hält das Gericht diese fachtechnische Analyse für vertretbar, während es die fachtechnische Analyse der DFS in verschiedener Weise für angreifbar hält. Probleme sieht das Gericht insbesondere bei der konkreten Berechnung des Fehlerpotentials.

Darüber hinaus tendiert das Gericht, der Entscheidung des VG Hannover zu folgen, wonach im Rahmen der Berechnung nicht der zulässige anlagenimmanente Fehler zu berücksichtigen sei, sondern der reale Winkelfehler. Dies überzeugt aber – wie bereits dargestellt – nicht.

Hinsichtlich des Prüfungsumfangs des § 18a LuftVG sieht das Gericht auch eine zweistufige Prüfung vor, wobei es im Rahmen des zweiten Prüfungsschritts auch Verhältnismäßigkeits- bzw. Zweckmäßigkeitserwägungen gestattet. Diese sollen auch häufigere Nachjustierungen der Flugsicherungseinrichtung beinhalten, um einen geringeren anlagenimmanenten Fehler bei der Prognose berücksichtigen zu können. Auch der Klimaschutz und das Interesse Strom aus regenerativen Energiequellen zu erzeugen sollten in die Erwägungen einbezogen werden.

4.2.5.4 Schlussfolgerungen

Der Beschluss lässt sich auf die Rechtsfragen des hier vorliegenden Gutachtens teilweise übertragen. Bislang gab es keinen Fall, der eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung betraf, wo bereits ein Bebauungsplan mit dem Ziel der Errichtung von WEA bestand.

Durch die ausführliche Darlegung zur Begründetheit (die verneint wird) gibt das Gericht zu erkennen, wie es auch künftig zu entscheiden gedenkt, sollte es mit der Problematik abermals befasst sein. Trotz eigentlich einer im einstweiligen Rechtsschutz üblicherweise stattfindenden summarischen Prüfung wird dennoch der Prüfungsmaßstab deutlich.

Die Auffassung aus dem *Maslato-Gutachten*, wonach der Immissionsschutzbehörde eine Abweichungsbefugnis von der Entscheidung des BAF zugestanden wird, vermag nicht zu überzeugen. Nach § 13 BImSchG werden gesetzliche Bauverbote wie das des § 18a LuftVG nicht von der Konzentrationswirkung der immissionsschutzrechtlichen Entscheidung erfasst. Daran kann sich auch nichts dadurch ändern, dass dieses Bauverbot durch eine behördliche Entscheidung (hier die des BAF) ausgelöst wird. Gegebenenfalls wäre zu erwägen, § 13 BImSchG durch eine entsprechende weitere Ausnahme zu ergänzen.

Ein interessanter Aspekt ist jedoch die Einbeziehung von Verhältnismäßigkeits- bzw. Zweckmäßigkeitserwägungen, die in den Prüfungsmaßstab nach § 18a LuftVG einfließen sollen. Dies kann zu einer verfassungskonformen Anwendung des § 18a LuftVG führen, bei der das Recht auf Eigentum ausreichend Berücksichtigung finden kann.

Letztlich wird dies aber nicht dazu führen können, den Begriff der Störung von der Winkelfehlerüberschreitung loszulösen.

4.2.6 Résumé

Die teils uneinheitliche Linie der Rechtsprechung (bzw. bestehender Gutachten) lässt sich auch an der inzwischen gut drei Jahre währenden Auseinandersetzung mit der Problematik erklären, wobei sich zunehmend Tendenzen etablieren.

Im Ergebnis ist die Entscheidung des BAF nach allen Ansichten überprüfbar. Lediglich beim Prüfungsmaßstab werden Unterschiede gemacht. Die Ansicht, dass der Immissionsschutzbehörde eine Abwägungsmöglichkeit eingeräumt wird und sich über die Entscheidung des BAF hinwegsetzen kann, wird nicht geteilt.

Einheitlich werden die ICAO-Dokumente als fachliche Standards gewertet, die zur Bewertung der Fehlertoleranz herangezogen werden sollten. Die teils uneinheitlichen Fehlertoleranzen für den Winkelfehler in den Dokumenten spiegeln sich auch in der Rechtsprechung wider.

Der Prüfungsmaßstab des § 18a LuftVG ist zweistufig aufgebaut. In der ersten Stufe gilt es eine Auswirkung bzw. Beeinträchtigung durch die geplante WEA zu ermitteln. In der zweiten Stufe ist zu bewerten, ob diese Auswirkung die Hinnehmbarkeitsschwelle überschreitet. Auch insoweit ergibt sich ein einheitliches Meinungsbild.

Uneinigkeit besteht über die Methode, nach der die Beeinträchtigung prognostiziert werden soll. Ferner wird von unterschiedlichen Hinnehmbarkeitsschwellen ausgegangen, wobei hier entweder auf unterschiedliche ICAO-Vorgaben Bezug genommen wird oder – den ICAO-Fehlertoleranzen nachgeordnet – weitere Erwägungen angestellt werden.

4.3 Darstellung und Bewertung der DFS Prognoseberechnung

4.3.1 Allgemeines

Analysiert wird hier die in [10] beschriebene Vorgehensweise der DFS zur Bewertung des Einflusses von Windenergieanlagen auf VOR-Anlagen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Analyse der Methode der Prognoseberechnung und der Anwendbarkeit der daraus gewonnenen Ergebnisse auf reale Szenarien im Zuge der Genehmigung von WEAs im Schutzbereich funktechnischer Anlagen.

4.3.2 Herleitung des VOR-Fehlerbudgets aus den ICAO Quellen

Bei der Herleitung des sogenannten „VOR-Fehlerbudget“, orientiert sich die DFS, wie zu erwarten, streng an den hierfür existierenden ICAO Dokumenten, insbesondere am ICAO EUR Doc 015 „Europäisches Anleitungsmaterial zum Umgang mit Anlagenschutzbereichen“; 2009 [51] sowie den Dokumenten ICAO Doc 8071, „Manual on Testing of Radio Navigation Aids“, 4th Edition, 2000 [50] und ICAO Doc Annex 10, Aeronautical Telecommunications, Volume I „Radio Navigation Aids“ [53].

In Kapitel 3.7.2.4 und 3.7.2.5 wurde bereits ausgiebig die Vorgehensweise gemäß ICAO EUR Doc 015 beschrieben. Hinzuzufügen ist an dieser Stelle, dass die Gesamtsituation im dortigen Anhang 4 treffend folgendermaßen beschrieben ist:

„Die Auswirkung von Windkraftanlagen auf VOR-Anlagen ist aus verschiedenen Gründen schwer zu beurteilen.“

Grundsätzlich stellen ICAO Docs sogenannte SARPs (Standards and Recommended Practices) dar, die durch neuen Erkenntnisgewinn in der jeweils betreffenden Thematik kontinuierlich weiterentwickelt werden. Die derzeit aktuelle Version des ICAO Doc 015 stammt aus dem Jahre 2009, sodass die redaktionelle Bearbeitung bereits 5 Jahre zurück liegt. Mittlerweile vorhandener Erkenntnisgewinn, wie er durch zwischenzeitlich abgeschlossene Untersuchungen vorliegt, konnte somit bisher nicht in dieses Dokument einfließen.

An dieser Stelle soll angemerkt werden, dass hinsichtlich der deutschen Übersetzung des ICAO EUR Doc 015 an einigen Stellen durchaus andere Formulierungen verwendet werden könnten, die insbesondere dann auch eine andere Auslegung nahelegen. Folgende ausgewählte Beispiele, insbesondere aus dem dortigen Annex 4, sollen dies verdeutlichen:

- „Building Restricted Area“ wird als „Anlagenschutzbereich“ und nicht sinngemäß als „Eingeschränktes Bebauungsgebiet“ bzw. „Baubeschränkungsgebiet,“ übersetzt. Die gewählte Übersetzung „Anlagenschutzbereich“ ist somit sinnenstehend und wird dem Gesamtcharakter des Originaldokumentes nicht gerecht.
- „Assessment“ wird mit „Prüfung“ übersetzt und nicht wie üblich und angemessen mit „Beurteilung“
- „assess“ wird teilweise mit „prüfen“ und nicht mit „beurteilen“ übersetzt.
- „the largest errors are likely to be experienced...“: hierbei wird „likely“ nicht mit „wahrscheinlich“, sondern mit „in der Regel“ übersetzt.

Hinsichtlich der Nutzbarkeit von Computersimulationen ist der englische Originaltext deutlich zurückhaltender als die deutsche Übersetzung: „Computer simulations can be used to assess the effect of wind turbine(s) on VOR using worst case assumptions as outlined above.“ ([52], Appendix 4). Während im Englischen lediglich die mögliche Nutzung von Computersimulationen als „kann“ dargestellt wird und hierbei keine Aussage zur grundsätzlichen Gültigkeit solcher Simulationen getroffen wird, wird in der deutschen Übersetzung aus der Formulierung heraus unzulässig die Gültigkeit solcher Simulationen suggeriert und damit festgeschrieben. „Mit den oben dargestellten Worst-Case-Annahmen kann in Computersimulationen überprüft werden, welche Auswirkungen Windkraftanlagen auf VOR-Anlagen haben.“ [51], Anhang 4).

Insgesamt wird angeregt, die deutsche Übersetzung des ICAO EUR Doc 015 fachlich zu validieren und entsprechend zu überarbeiten.

4.3.3 Prognoseberechnung

Zentrale wissenschaftliche Grundlage der DFS Prognoseberechnung ist die Studie von Morlass et al. „*Wind Turbine Effects on VOR System Performance*“ 2008 [5], welche bereits in 4.1.2 ausführlich analysiert wurde. Unverständlich bleibt jedoch, warum die vom selben Autorenteam in 2009 veröffentlichte Studie „*Propagation Model for Estimating VOR Bearing Error in the Presence of Windturbines – Hybridation of Parabolic Equation with Physical Optics*“ [6], bisher offensichtlich nicht berücksichtigt wurde. Dies ist umso unverständlicher, da in dieser Folgestudie verschiedene Annahmen korrigiert bzw. präzisiert wurden. Dass die Folgestudie der DFS bekannt ist, lässt sich aus dem DFS eigenen Dokument „Vergleich der DFS-Prognoseberechnungen... (empirische Validierung)“ [10], ableiten, in dem ein entsprechender Bezug vorhanden ist.

An dieser Stelle muss auch darauf hingewiesen werden, dass es unüblich ist, nur eine einzige wissenschaftliche Grundlagenstudie eines Autorenteam als Berechnungsgrundlage für ein so weitreichendes Prognoseverfahren als zu verwenden.

Die von der DFS dieser Methode dann hinzugefügten „eigenen Ansätze“ (1. Linearer Zusammenhang mit der Höhe der Windenergieanlage, 2. Azimutale Verteilung anhand „einschlägiger Formeln“), sind leider nur schwach begründet und bleiben unbelegt.

Kritisch zu bewerten ist in jedem Fall das Fehlen einer empirischen Validierung des DFS Prognosemodells, obwohl die daraus gewonnen Ergebnisse direkte praktische Anwendung finden. Dieser Umstand wird zwar erkannt: *„Vor dem Hintergrund, dass es derzeit weltweit keine durch rückführbare Messwerte validierte Simulationsmethode gibt...“*, die daraus abgeleiteten Schlüsse: *„...nutzt die DFS hierzu die oben beschriebene Methodik der empirischen Validierung.“* sind jedoch inakzeptabel [10][11].

Eine kontinuierliche „empirische Validierung“, anhand von Vergleichen mit ICAO-Empfehlungen, auffälligen Flugvermessungen und Ergebnissen anderer verfügbarer Gutachten, ist im hier vorliegenden Fall unzulässig.

Grundsätzlich ist die Vorgehensweise der Abbildung nicht validierter wissenschaftlicher Szenarien auf die real zu bewertenden Szenarien anhand vermuteter Wirkungszusammenhänge fragwürdig.

Ebenso wird die Anwendbarkeit des Prognosemodells sehr optimistisch gesehen. Aus der funktionalen Abhängigkeit des nicht validierten Formelmodells von verschiedenen Parametern, lässt sich eben keine praktikable Anwendbarkeit auf beliebige Szenarien ableiten!

Der Rückschluss, dass die aufgrund der Prognoseberechnungen erwarteten Winkelfehler auf den Einfluss von WEAs zurückzuführen sind, ist nicht belastbar.

Durch die Studien von Bredemeyer [57] könnte jedoch eine Validierung im Ansatz ermöglicht werden (vgl. 5.2).

Grundsätzlich muss auch festgestellt werden, dass die konkrete Berechnungsweise, d.h. die programmtechnische Umsetzung bisher nicht offengelegt wurde. Die hier vorliegende Beschreibung der angewandten Methoden ist für eine abschließende Beurteilung, unabhängig von den oben genannten Defiziten, nicht ausreichend.

4.3.4 Fazit und Empfehlung

Im jetzigen Zustand erscheint die DFS-Prognoseberechnung als wenig belastbar bzgl. einer praxistauglichen Vorhersage eines durch noch zu errichtende WEAs zu erwartenden zusätzlichen azimutalen Winkelfehlers. Erhärtet wird diese Einschätzung durch die aufgezeigten Defizite der verwendeten wissenschaftlichen Grundlage (Morlaas et al. (2008) [5]), die im Kapitel 4.1.2 Verfahren nach Morlaas et al. 2008 beschrieben sind. Zu empfehlen ist hier die Einbeziehung der Erkenntnisse der Folgestudie, die in 4.1.3 diskutiert wird.

Die von der DFS praktizierte empirische Validierung ist hierfür, wie in 5.1 ausgeführt, in dieser Form nicht geeignet bzw. ausreichend.

Als Empfehlung könnte die DFS, sofern nicht bereits beteiligt, an der Weiterentwicklung des ICAO Doc EUR 015 mitarbeiten.

Da es nach neuesten Erkenntnissen (siehe [57], sowie Kapitel 5.2 Messkampagne Flight Calibration Service „DVOR“ 2014) gelungen ist, durch besondere Flugvermes-

sungen mit anschließender softwaretechnischer Analyse exemplarisch die Fehleranteile von Objekten (z. B. Windenergieanlagen) zu quantifizieren, könnte hierdurch zum einen die Berechnungsmethode der DFS verbessert und auf eine überarbeitete bzw. neue wissenschaftliche Grundlage gestellt werden, zum anderen wäre nunmehr grundsätzlich auch eine echte Validierung eines Prognosemodells im Einzelfall durch die oben genannten besonderen Flugvermessungen grundsätzlich möglich.

5 Störeinflüsse von Windenergieanlagen

5.1 Tatsächlich gemessene Störungen im Vergleich zur DFS-Prognoseberechnung

5.1.1 Allgemeines

Den Gutachtern liegt eine Aufstellung der DFS über den Vergleich der DFS Prognoseberechnungen mit anderen Gutachten, Berechnungen bzw. Flugvermessungen vor [11]. Diese werden zur „empirischen Validierung“ der DFS-Prognoseberechnungen (siehe auch 4.3) herangezogen und sollen deren Richtigkeit belegen.

Grundsätzlich sollten in einem solchen, durch die DFS erstellten Dokument, nachvollziehbar alle relevanten Fakten bereitgestellt werden, insbesondere zu den verwendeten Methoden anderer Gutachten. Ein vergleichendes Gegenüberstellen schwer nachvollziehbarer Prognose- bzw. Messwerte und eine anschließende Kommentierung sind hier nicht ausreichend.

Auch nach Recherche der gut referenzierten ursprünglichen Gutachten, sofern vorhanden, konnte keine der aufgeführten Vermessungen bzw. Prognosen den vorliegenden Gesamtfehler verlässlich einer Ursache zuordnen bzw. eine Aufteilung in einzelne Fehlerarten vornehmen.

Prinzipiell erscheint es zweifelhaft, ob ein Vergleich einer Prognoseberechnung mit anderen Prognosen bzw. Berechnungen überhaupt eine „empirische Validierung“ darstellt. Die grundsätzliche Bedeutung von „empirisch“ bzw. „Empirie“ (abgeleitet vom griechischen *empeiria* = Erfahrung, Erfahrungswissen, „aus der Praxis“) erfordert gezielte und systematisch gesammelte Informationen aus der realen Umwelt (z. B. Labor, Feldtest, reales Messobjekt). Hierbei sind, im Gegensatz zur alltäglichen Erfahrung, Anforderungen hinsichtlich Objektivität und Wiederholbarkeit der Beobachtungen zu berücksichtigen. Nur so ist es zulässig, theoretische Annahmen durch empirische Beobachtungen zu validieren. Somit können gezielte und systematische Flugvermessungen sehr wohl für eine „empirische Validierung“ genutzt werden, Ergebnisse anderer Prognosemodelle bzw. Berechnungen sicher nicht.

5.1.2 Vergleich mit ICAO EUR Doc 015

Zunächst erscheint es unzweckmäßig, eine Prognoseberechnung anhand von ICAO Empfehlungen empirisch zu validieren. Die Aussage der DFS, mit ihrer Prognoseberechnung die ICAO Empfehlungen unter bestimmten Randbedingungen nachvollziehen zu können, erscheint ziemlich optimistisch, da im referenzierten ICAO EUR Doc 015 [51][52] weder die ICAO Empfehlungen hergeleitet werden, noch die zugrundeliegenden Randbedingungen ausreichend genau aufgeführt sind.

Darüber hinaus wird seitens DFS das ICAO EUR Doc 015 (Anhang 4) ungewöhnlich interpretiert. Nach DFS: *„ICAO empfiehlt im Rahmen der ingenieurmäßigen Analyse im Anlagenschutzbereich von konventionellen VOR-Anlagen (CVOR) innerhalb 5 km keine, innerhalb 10km maximal eine und innerhalb 15 km maximal fünf Windenergieanlagen.“* Allerdings spricht ICAO an dieser Stelle gar keine Empfehlung aus, sondern erklärt lediglich: *„In der Regel bestehen keine Einwände gegen Windkraftvorhaben mit einer einzigen Windkraftanlage, die mehr als 5 km von einer Navigationsanlage entfernt ist und von Vorhaben mit weniger als 6 Windkraftanlagen, die mehr als 10 km von einer Navigationsanlage entfernt sind.“* Bereits zuvor erklärt ICAO: *„Eingehendere Prü-*

fungen sind bei Windkraftanlagen in einem Umkreis von 600 m erforderlich...“, wobei hier noch Einschränkungen bzgl. Höhe der WEA gemacht werden. Die Wortwahl „Prüfung“ in der DFS-Übersetzung des ICAO EUR Doc 015 ist dabei insofern zu relativieren, da im Original von einem erforderlichen „Assessment“, d.h. einer „Beurteilung“ gesprochen wird.

Die von der DFS in diesem Fall angenommenen Randbedingungen für ein CVOR sind teilweise unscharf. Formulierungen wie „Windenergieanlagen stehen eng benachbart (Windpark)“, „unter realistischen Umgebungsbedingungen“ und „Worst-Case-Ansätzen bzgl. der Höhe der Windenergieanlagen“, sind nur vage definiert. Obwohl die DFS-Prognoseberechnung auch im Zusammenhang mit DVOR-Anlagen eingesetzt wird, ist eine Berücksichtigung der besonderen Eigenschaften von DVOR-Anlagen, insbesondere deren nachgewiesene geringere Anfälligkeit für Mehrwegausbreitung, hier nicht erkennbar.

Insgesamt ist nicht erkennbar, wie der hier dargestellte Vergleich (Prognose vs. Empfehlung) die Richtigkeit der DFS-Prognoseberechnung belegen soll.

5.1.3 Vergleich mit auffälligen Flugvermessungen und NAVCOM-Studie „VOR/DME Allersberg“

Hierbei handelt es sich um das Gutachten der Firma NAVCOM Consult, Dr. Greving („Effekte von Windenergieanlagen des Typs „Enercon E40“ und größerer WKAs auf die VOR/DME Allersberg“, Gutachten, Projekt-Nr. A33/04, 16.09.2004) bzgl. einer einzelnen existierenden Windenergieanlage (Höhe 122 m) im Abstand von 1.282 m zur CVOR Allersberg (ALB).

Den Gutachtern liegt dieses Gutachten leider nicht im Wortlaut vor, sodass hier nur die Gegenüberstellungen der DFS im Kontext einer „empirischen Validierung“ diskutiert werden können.

<p>Ergebnis der DFS-Berechnung: $\pm 3,2^\circ$ Ergebnis der Prognose durch NAVCOM Consult: max. $\pm 3.4^\circ$ (abhängig vom Flugprofil) Ergebnis der auffälligsten Flugvermessung (inkl. Topologie und Anlageneinstellungen) auf betroffenen Radial: $+3^\circ$ bis -6° (außer Toleranz)</p>
--

Tabelle 5-1: DFS: Zusammenfassung Vergleich DFS-Prognose mit NAVCOM-Studie „VOR/DME Allersberg [11]

Das hier zugrundeliegende Gutachten der Firma NAVCOM stammt aus dem Jahre 2004, weshalb die dort verwendete Prognosemethode bestenfalls den technischen Stand aus diesem Jahre berücksichtigen kann. Leider liegen den Gutachtern keine weiteren Details zur verwendeten Methode der NAVCOM Prognose vor.

Detaillierte Informationen zu den offenbar ebenso durchgeführten Flugvermessungen liegen ebenfalls nicht vor. Lediglich das Ergebnis der auffälligsten Flugvermessung wird dargestellt, welches offensichtlich zumindest an einem Ende der Messskala die Bereichsgrenzen überschritten hat. Alleine diese Messung würde eine einsprechende Prognose widerlegen (Abweichung der Messung um mehr als das Doppelte im Vergleich zur Prognose). Wie korrekt angegeben, beinhalten die Ergebnisse der Flugvermessung, neben den durch die WEA erzeugten Fehleranteilen, auch die Fehleranteile der dynamischen Umgebung (hier Topologie genannt) sowie den Anlagenfehler. Eine Differenzierung der Fehleranteile, wie beispielsweise in 5.2 diskutiert, erfolgt anscheinend nicht.

An dieser Stelle wäre es interessant, einen Vergleich mit bereits länger zurückliegenden Flugvermessungen zu ziehen, als die hier zu untersuchende WEA noch nicht gebaut war. Hier wären möglicher Weise archivierte Daten der DFS hilfreich, sofern diese nach einem so langen Zeitraum noch vorliegen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass, auch wenn Details zum hier relevanten Gutachten nicht vorliegen, zwischen den einzelnen Prognosen von DFS und NAVCOM auf der einen Seite und den Daten der Flugvermessungen auf der anderen Seite (im hier dargestellten Einzelfall) solch erhebliche Abweichungen bestehen, dass nicht mehr von einer Übereinstimmung gesprochen werden kann. Dieser Vergleich erfüllt darüber hinaus grundlegend nicht die Kriterien einer empirischen Validierung (siehe hierzu auch 5.1.1).

5.1.4 Vergleich mit wissenschaftlicher Studie der ENAC

Hierbei handelt es sich um den Vergleich der bereits in Kapitel 4.1.3 diskutierten wissenschaftlicher Studie der ENAC (Morlaas et al.) aus dem Jahr 2009 („Propagation model for estimating VOR bearing error in the presence of windturbines - Hybridation of parabolic equation with physical optics“ [6]).

Im Rahmen dieser Studie wurde ein Szenario von 21 Windenergieanlagen (Top-Höhe jeweils 95m) im Abstand von ca. 800 – 1800 m zu einer CVOR
 Ergebnis der DFS-Berechnung: $\pm 45,2^\circ$
 Ergebnis der ENAC-Studie: max. $\pm 55^\circ$

Tabelle 5-2: DFS: Zusammenfassung Vergleich DFS-Prognose mit wissenschaftlicher Studie der ENAC[6][11]

Die DFS untersucht hier das in der oben genannten Studie definierte Szenario mit ihrer eigenen Prognosemethode. Die in Tabelle 5-2 dargestellten Ergebnisse werden hier leider nicht weiter präzisiert, insbesondere auf welchem Radial, für welche Höhe und in welcher Entfernung der angegebene Wert berechnet wurde. Die Reduzierung einer so komplexen Thematik¹⁶ auf den Vergleich eines Maximalwertes (Abweichung der Berechnungen an dieser Stelle um ca. 21%), als Teil einer wie auch immer genannten Validierung, ist nicht zulässig.

Interessant ist an dieser Stelle auch, dass sowohl die ENAC-Studie (Morlaas et al. 2009) als auch die DFS-Prognoseberechnung auf derselben Methode beruhen (Morlaas et al. 2008 [5]).

Der Versuch einer Validierung einer Prognoseberechnung durch den Vergleich mit einer Studie, die grundsätzlich auf der gleichen Methode basiert, ist ein gutes Beispiel für eine selbsterfüllende Prophezeiung, wenngleich im Detail diese Prophezeiung nicht eingetroffen ist.

5.2 Messkampagne Flight Calibration Service „DVOR“ 2014

5.2.1 Geltungsbereich

Das hier vorliegende „Gutachten zur Interaktion zwischen Windenergieanlagen und DVOR-Anlagen der Flugsicherung“ [57], ist grundsätzlich als spezifische Messkampagne mit anschließender Datenanalyse und –auswertung zu charakterisieren. Inso-

¹⁶ Störeinflüsse von WEAs auf den azimutalen Winkelfehler des VOR-Signals am bordseitigen Empfänger

fern sind die Ergebnisse uneingeschränkt nur auf das Untersuchungsobjekt DVOR Michaelsdorf anwendbar. Für diesen Fall jedoch mit sehr hoher Aussagekraft bzw. Belastbarkeit.

Das Gutachten liegt in einer Lang- und Kurzfassung vor. Darüber hinaus enthält die Kurzfassung eine einseitige Zusammenfassung, die inhaltlich nicht mehr sinnvoll verdichtet werden kann und deshalb in Anhang 1 ungekürzt diesem Dokument beigelegt ist.

5.2.2 Fragestellung

Zielsetzung dieses Gutachtens ist die Beantwortung der nachfolgend aufgeführten vier Fragestellungen:

- Welchen Beitrag zum bestehenden Winkelfehler des DVOR liefern die Reflexionen bestehender WEA und wann treten diese auf?
- Können die zu errichtenden und bisher abgelehnten WEA innerhalb des Anlagenschutzbereiches von 15 km generell Effekte oberhalb des Rauschens hervorrufen, die messtechnisch nachweisbar sind?
- Können zusätzlich zu errichtende WEA im ungünstigsten Fall solche Reflexionen hervorrufen, dass dadurch der bereits vorhandene Winkelfehler mit diesem Zusatz tatsächlich messbar erhöht wird?
- Sind häufig zitierte Studien und deren Veröffentlichungen in Zusammenhang mit WEA und VOR geeignet, um sie für die Prognose einer potentiell verschlechterten Signalqualität zu nutzen?

Die ersten drei Fragen wurden dabei sachlich präzise gestellt und betreffen konkret die Auswirkungen von durch WEAs erzeugten Reflexionen auf den Winkelfehler des DVOR Michaelsdorf.

Die vierte Frage soll allgemein die realitätsnahe Anwendbarkeit anderer Studien diskutieren, die ähnliche Fragestellungen aufgreifen, jedoch anderen Methoden verwenden.

5.2.3 Messtechnische Besonderheiten

Zur Ermittlung der notwendigen Messdaten, wurde zusätzlich zur üblichen Messausrüstung, eine spezielle Messeinrichtung SISMOS (Signal-in-Space Monitoring System) verwendet. Diese war nach Aussage des Gutachtens von der PTB (Physikalisch-Technischen Bundesanstalt) entsprechend kalibriert.

SISMOS ermöglicht dabei die präzise Aufzeichnung unverfälschter bzw. –verarbeiteter Rohdaten des DVOR für die spätere Analyse. Dieser Umstand ist ein ganz wesentliches Merkmal, da erst dadurch die Separierung und anschließende Quantifizierung der einzelnen Fehleranteile (Bodenreflexionen, Reflexionen an WEAs etc.), als Teil der Analyse des dynamischen Messumfeldes, möglich ist.

5.2.4 Definition der Messszenarien

Um die Umgebung des DVOR Michaelsdorf funktechnisch möglichst umfassend zu vermessen und für eine spätere Analyse ausreichend Daten in verschiedenen Höhenbereichen und Entfernungen zu Verfügung zu haben, wurden drei unterschiedliche Messszenarien entwickelt und mit abgeflogen. Zu unterscheiden sind dabei:

- Hubschraubermessflüge (Bo 105) für Feldmessungen im quasi-stationären Schwebestand in Bodennähe.

- Flugvermessung mit Flächenflugzeug (Hawker Beech King Air 350) unter IFR-Bedingungen in 3.500 ft Höhe für ausgewählte Radiale, sowie Kreise.
- Flugvermessung mit Flächenflugzeug (Hawker Beech King Air 350) im Tiefflug in verschiedenen Höhenbändern ab 600 ft insbesondere zur direkten Messung der Reflexionseigenschaften bestehender WEAs.

Insgesamt decken die gewählten Messszenarien sowohl den notwendigen vertikalen Bereich als auch die entsprechenden Entfernungen ab. Darüber hinaus konnten so Messwerte im quasi-stationären Zustand aufgenommen werden. Die aufgenommenen Messwerte gehen somit weit über das übliche Maß bei Flugvermessungen hinaus und bieten somit gute Voraussetzungen für die geplante Analyse im Kontext der unter 5.2.2 aufgeführten Fragestellungen.

5.2.5 Datenanalyse

Als wesentliche Innovation gegenüber der üblichen Auswertung einer Flugvermessung gelingt durch Analyse der mittels SISMOS aufgezeichneten relevanten Rohdaten des DVOR Michaelsdorf die Zerlegung in einzelne zuordenbare Fehlerkomponenten.

Nach Aussage des Gutachters werden für diese Zerlegung zunächst selbstentwickelte Software-Algorithmen entwickelt. Darüber hinaus erfolgt eine Betrachtung im Zeit- und Frequenzbereich mittels diskreter Kurzzeit-Fourier-Transformation (STFT). Im Gegensatz zu Fourier-Transformation ist die STFT auch für nichtstationäre Signale geeignet und kann somit auch Informationen über die zeitliche Veränderung des Spektrums liefern.

5.2.6 Einordnung anderer Studien

In Kapitel 5 dieses Gutachtens werden verschiedene Annahmen beispielsweise der Morlaas et al. (2008) Studie kritisiert, insbesondere die Annahme einer ebenen (elektromagnetischen) Welle, der Gültigkeit der Fernfeldformeln sowie eines stark vereinfachten Empfängermodells. Ebenso wird kritisiert, dass eine Validierung durch Messungen in einer realen Umgebung nicht stattgefunden hat. Den einzelnen Kritikpunkten können die Gutachter an dieser Stelle grundsätzlich zustimmen, wobei hierzu bereits detailliert in 4.1.2 und 4.1.3 argumentiert wurde.

5.2.7 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Insgesamt konnten alle oben aufgeführten Fragestellungen eindeutig durch die durchgeführten Messungen und anschließenden Analysen beantwortet werden. Darüber hinaus konnten verschiedene allgemeine Zusammenhänge messtechnisch aufgedeckt bzw. bisherige Annahmen korrigiert bzw. präzisiert werden. Hierzu zählen:

- Unterscheidung zwischen Effekten im Nah- und Fernbereich eines DVOR ist erforderlich und möglich
- Reflexionen durch WEAs bzw. andere größere Objekte (z. B. Geländekanten), beeinflussen grundsätzlich die amplitudenmodulierte 30-Hz-Referenzphase (Phasenrauschen)
- Dieses Phasenrauschen wirkt stärker auf Kreisflügen als auf Radialflügen und nimmt mit zunehmender Höhe ab
- In operationell nutzbaren Höhen wird dieses induzierte Phasenrauschen durch das durch den Boden (dynamische Umgebung) verursachte Phasenrauschen vollständig überlagert.

- Stellung der Rotorebenen einer WEA zum DVOR und zur Empfangsantenne spielen nur eine untergeordnete Rolle
- Wirkungen auf die frequenzmodulierte 30-Hz-Umlaufphase des DVOR entstehen vornehmlich durch Reflexionen im Nahfeld des DVOR durch statische Objekte z. B. sehr wahrscheinlich auch durch Bewuchs
- Verteilung der Feldstärke in unterschiedlichen Richtungen trotz gleicher Entfernung uneinheitlich durch unterschiedliche Gelände- und Bodeneigenschaften
- Dopplereffekt im 30-Hz-AM-Band durch Drehung der Rotoren einer WEA kann vernachlässigt werden

Diese Erkenntnisse sind im Detail ggf. auch für die Beurteilung der Auswirkung für die Verwendung dieses DVOR im operationellen Alltag wichtig.

5.2.8 Kritische Würdigung

Neben der systematischen Vermessung u.a. mittels SISMOS, ist die Nachbereitung der aufgenommen Rohdaten durch Software-Demodulation ein wichtiger Bestandteil der hier durchgeführten Untersuchung.

Leider sind die hierfür verwendeten Algorithmen sowie die Art und Weise der Implementierung nicht offengelegt worden. Um eine vollständige Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, müsste dies in geeigneter Weise nachgeholt werden.

6 Operative Flugsicherheitsanalyse

Im folgenden Abschnitt erfolgt eine operative Flugsicherheitsanalyse des Einflusses von WEA auf die DVOR Anlagen Michaelsdorf (MIC) und Lübeck (LUB). Dabei stehen Ansprüche bezüglich maximaler Winkelfehler seitens der Verfahrensplanung im Vordergrund. Eine operative Nutzung kann nur gewährleistet werden, so lange Grenzen bezüglich Hindernisfreiheit und Flugerwartungsgebiete eingehalten werden. Aber auch die tatsächliche Nutzung im operativen Betrieb und Optimierungs- und Alternativvorschläge für die operative Nutzung werden untersucht.

6.1 DVOR Michaelsdorf MIC

Das DVOR Michaelsdorf liegt ca. 35 NM östlich von Kiel mit folgenden Basisinformationen:

- Frequenz 112,20 MHz
- Kennung MIC
- Koordinaten N 54 18 19,66
E 011 00 18,67

Laut Luftfahrthandbuch AIP ist es nutzbar bis zu einer Entfernung von 60 NM und einer Höhe von ca. 25.000 ft MSL (FL250). Folgende Einschränkungen bei der Nutzung sind bisher veröffentlicht [15]:

- Nicht nutzbar auf den Radialen 000-105 und 125-000 unter
 - 0-10 NM 2.129 ft MSL
 - 10-20 NM 2.400 ft MSL
 - 20-30 NM 3.800 ft MSL
 - 30-40 NM 5.400 ft MSL
 - 40-50 NM 7.000 ft MSL
 - 50-60 NM 8.800 ft MSL
- Nicht nutzbar auf den Radialen 105-125

6.1.1 Flugverfahren und Funklandschaft

Für die operative Nutzung relevant ist die Einbindung des DVOR MIC in Flugverfahren mit konventioneller Funknavigation – in Deutschland nur SID, STAR, Approach und Missed Approach (vgl. 3.4) – und die Verwendung für eine Positionsaktualisierung bei RNAV. Das DVOR MIC wird für folgende konventionelle Funknavigationsverfahren derzeit an den Flughäfen Lübeck (ICAO Kennung EDHL) und Kiel (ICAO Kennung EDHK) verwendet:

- **SID**
 - RAMAR 4J (EDHL)
- **STAR**
 - NUSTA 6Q (EDHK)
- **Approach**
 - nicht vorhanden
- **Missed Approach**
 - nicht vorhanden

Für die Nutzung bei RNAV 5 zur Aktualisierung der LFZ Position in der Sensorkombination VOR/DME ist die entsprechende Abdeckung durch Navigationsanlagen bedeutend. Wie in Abschnitt 3.5 beschrieben gibt es aus Sicht der Verfahrensplanung die Forderung, dass in 60 NM bzw. 75 NM sich mindestens ein VOR bzw. DVOR befinden muss, um eine adäquate Aktualisierung der LFZ Position mit Hilfe der Sensorik VOR/DME durchzuführen. Abbildung 6-1 zeigt die umgebende Funklandschaft an DVORs/VORs um das zu untersuchende DVOR MIC (grün). Folgende umgebende Funknavigationshilfen sind als relevant einzustufen:

- Helgoland VOR **DHE**
- Alsie VOR **ALS**
- Korsa VOR **KOR**
- Codan VOR **CDA**
- Trent DVOR **TRT**
- Brunkendorf DVOR **BKD**
- Hamburg DVOR **HAM**
- Lübeck DVOR **LUB**

Die roten Kreise symbolisieren die 60 NM / 75 NM Entfernungen zu den jeweiligen Funkfeuern. Die Grafik zeigt, dass auch ohne den Empfangsbereich des DVOR MIC eine vollständige Abdeckung des umgebenden Luftraums gegeben wäre. Wäre das DVOR MIC außer Betrieb, könnte ein zertifiziertes RNAV 5 System weiterhin problemlos in der Umgebung von MIC eine Aktualisierung der LFZ Position via VOR/DME vornehmen. Bei einer ausschließlichen Nutzung für RNAV-Verfahren könnte auf das DVOR MIC auf Grund der entsprechenden Abdeckung durch andere Anlagen verzichtet werden, d.h. die Anlage könnte abgebaut werden.

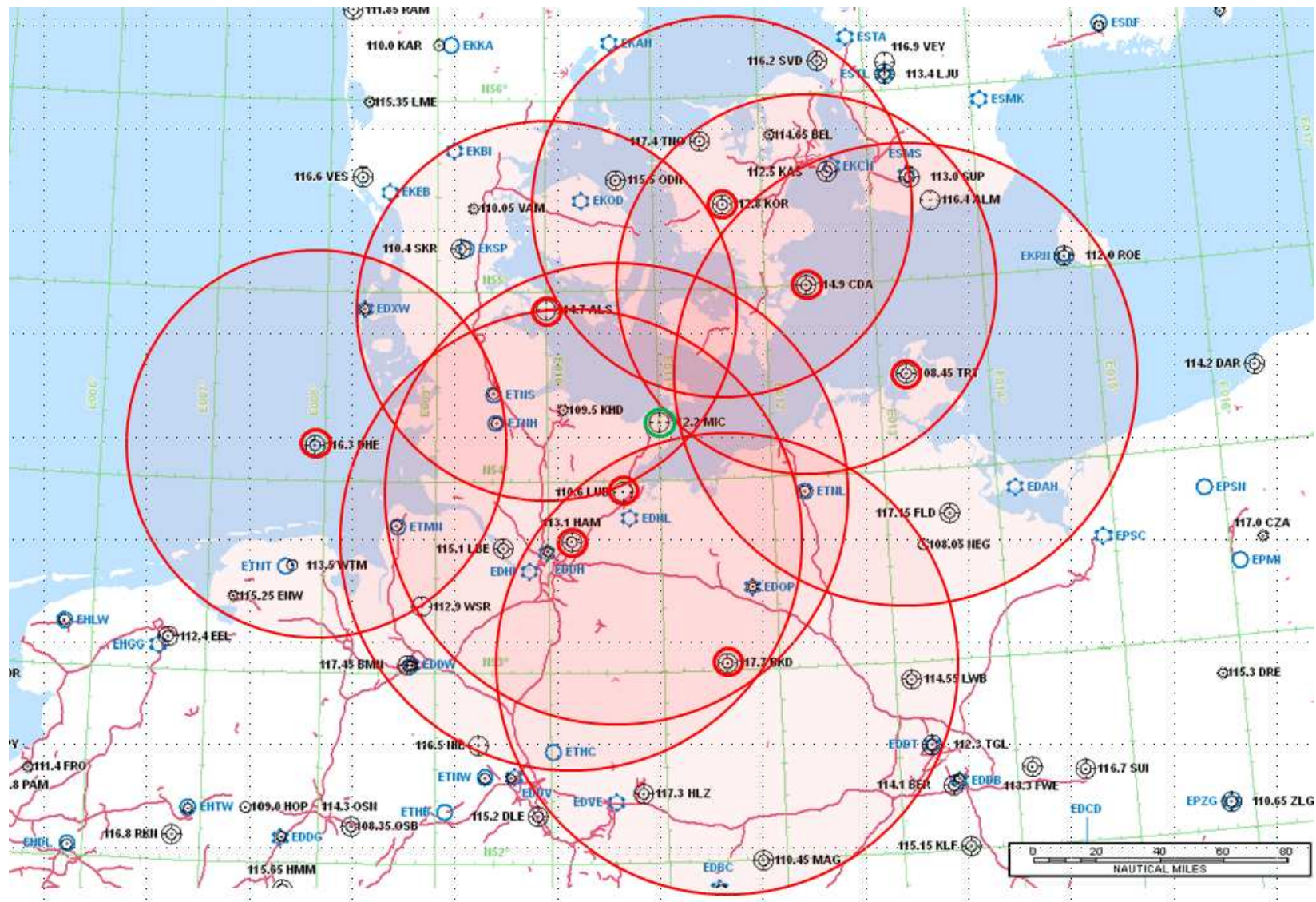


Abbildung 6-1: Abdeckung von DVOR/VOR im 60 NM/75 NM Radius [eigene Anfertigung]

6.1.2 Betriebliche Nutzung DVOR MIC

Das DVOR MIC wird gering in seiner konventionellen Funktion als Funknavigationshilfe genutzt. Nur zwei Funknavigationsverfahren werden durch das DVOR MIC gestützt, wobei das Anflugverfahren NUSTA 6Q in EDHK nur der Redundanz wegen das DVOR MIC verwendet (vgl. Abbildung 6-5) Dazu besteht das Abflugverfahren RAMAR 4J in EDHK. Verkehrszahlen der DFS vom 1.1.2013 bis 1.09.2013 des Flughafen EDHK zeigen, dass von 2485 IFR-Abflügen nur 75 (entspricht 3%) laut Flugplan nicht B-RNAV fähig sind. Das bedeutet, dass nur diese LFZ – wobei hier nicht klar ist, ob diese Abflüge überhaupt die RAMAR 4J Abflugroute gewählt haben – vollständig auf die konventionelle Funknavigation angewiesen waren und nur das DVOR MIC verwenden konnten.

Die Nähe zu mehreren Flugbeschränkungsgebieten im Nordwesten der Station (ca. 3 NM) schließt auch eine Nutzung der Station für das Training von IFR-Flugverfahren außerhalb fest definierter Funknavigationsverfahren aus. Dies wurde so durch die für den Luftraum verantwortlichen Lotsen bei einem Besuch des ACC Bremen bestätigt.

Die Nutzung zur Aktualisierung der LFZ-Position in der Flächennavigation ist nicht quantitativ messbar, da nicht bekannt ist, welches DVOR/VOR das Flächennavigationssystem des LFZ hierfür auswählt. Wie der vorherige Abschnitt gezeigt hat, ist dies auch bei einem Wegfall des DVOR MIC weiterhin problemlos möglich.

6.1.3 Worst-Case Szenario konventionelle Funknavigation

Aus operativer Sicht ist für die Nutzung eines DVOR/VOR als Funknavigationshilfe während der Navigation bei einem konventionellen Flugverfahren nur der Gesamtfehler relevant. Er bestimmt, mit welcher Genauigkeit das entsprechende Verfahren befliegen und der vorgegebene Flugweg eingehalten wird. Dies ist zum einen für die Hindernisfreiheit relevant, da sich das LFZ im berechneten Korridor mit Hindernisfreiheit befinden muss (vgl. 3.5). Außerdem gibt es grundsätzlich auch Anforderungen bezüglich Flugerwartungsgebiete in Zusammenhang mit Lärmemission und zu vermeidenden Gebieten (z.B. militärische Übungsgebiete). Dies sind auch die Anforderungen, die seitens der Verfahrensplanung gestellt werden.

Wie in Abschnitt 3.6 beschrieben gibt es unterschiedliche Grenzwerte für die Gesamtgenauigkeit *System Use Accuracy* basierend auf ICAO Dokumenten. ICAO Doc 8168 PANS-OPS gibt +/- 5,2° bzw. +/- 4,5° in Abhängigkeit der Verwendung (*providing track, not providing track*) für die Verfahrensplanung vor. ICAO Annex 10 gibt +/- 5° als sich in der Realität oft bestätigter Wert vor, der von der DFS so auch als Maßgabe angenommen wird [53]. Die Werte gelten für Verwendung des DVOR/VOR bis zu seiner maximalen Reichweite, welche seitens des Herstellers und in der Zulassung jedes einzelnen DVOR/VOR hinterlegt sind.

Um die geforderten Korridore bezüglich Einhaltung des geforderten Flugwegs einzuhalten, kann in der Realität aus operativer Sicht auch ein größerer Wert der *System Use Accuracy* akzeptabel sein. Dies gilt v.a. falls es sich im Einzelfall um einen bestimmten Abschnitt des Flugverfahrens nahe am DVOR/VOR handelt, wodurch sich der Winkelfehler auf Grund der geometrischen Abhängigkeit weniger auf den sogenannten *Crosstrack Error*¹⁷ auswirkt.

¹⁷ Abstand des tatsächlichen Flugwegs zum geplanten Flugweg

Für konventionelle SID existiert oft eine entsprechende RNAV-Overlay SID, welche sich exakt an der Streckenführung der konventionellen SID orientiert (vgl. 3.4.1). Diese sind in Deutschland als RNAV 5 Routen mit einem RNP 5 NM konstruiert. Für den Verfahrensplaner bedeutet dies, dass sich das LFZ auf Grund der Anforderungen bezüglich des Navigationssystems mit einem *Crosstrack Error* von bis zu 5 NM auf der Route bewegen kann. Dementsprechend wird die Route mit ihren dazugehörigen Hindernisfreiflächen konstruiert, so dass ein sicherer Ablauf des Luftverkehrs gewährleistet wird. Allerdings sieht ICAO PANS-OPS keine speziellen Verfahren zu Erstellung von RNAV 5 Abflugverfahren vor, so dass die Verfahrensplanung in Deutschland (DFS) RNAV 5 erst beim Erreichen der sogenannten *Minimum Radar Vector Altitude* (MRVA) anwendet. Diese Minimalhöhe garantiert dem Flugzeug bei dem Erteilen von *Radar Vectors* durch den Lotsen und dem damit verbundenen Verlassen von festgelegten Flugverfahren Hindernisfreiheit. Befindet sich ein LFZ noch unter der MRVA (z.B. beim Abflug), darf der Lotse keine *Radar Vectors* anwenden.

Das DVOR MIC wird in der SID RAMAR 4J in EDHL als Funknavigationshilfe verwendet. Nach dem Start in östlicher Richtung mit dem Kurs 070° wird bei einer Entfernung von 5,3 NM zum DME Lübeck ILUE in einer Rechtskurve das Radial 182° *outbound* MIC erflogen. In Abbildung 6-2 ist die Route rot hervorgehoben, sie endet beim *Waypoint* RAMAR.

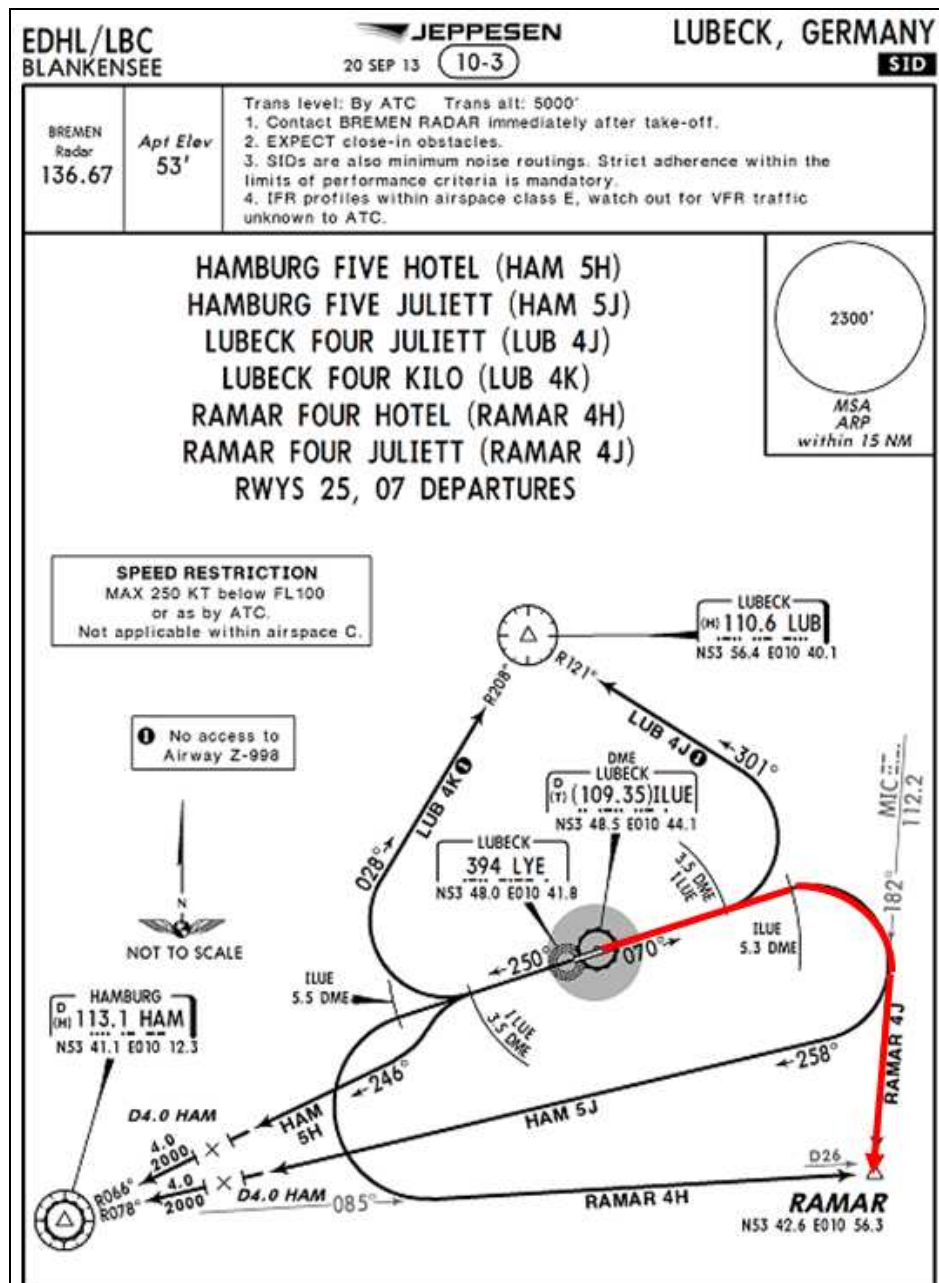


Abbildung 6-2: RAMA 4J Abflugroute Flughafen Lübeck [Quelle: Jeppesen]

Für die Abflugroute RAMAR 4J existiert ein äquivalentes RNAV-Overlay Verfahren, welches nach RNAV 5 ausgelegt ist, d.h. ein *Crosstrack-Error* von ± 5 NM hinsichtlich Hindernisfreiheit und Flugerwartungsgebiet ist ab dem Erreichen der MRVA akzeptabel (siehe Abbildung 6-3). Die MRVA beträgt in diesem Abschnitt der Route 1.800ft MSL [Quelle: DFS] Dementsprechend wäre auch beim konventionellen Abflugverfahren RAMAR 4J ± 5 NM Ablage im noch akzeptablen Bereich.

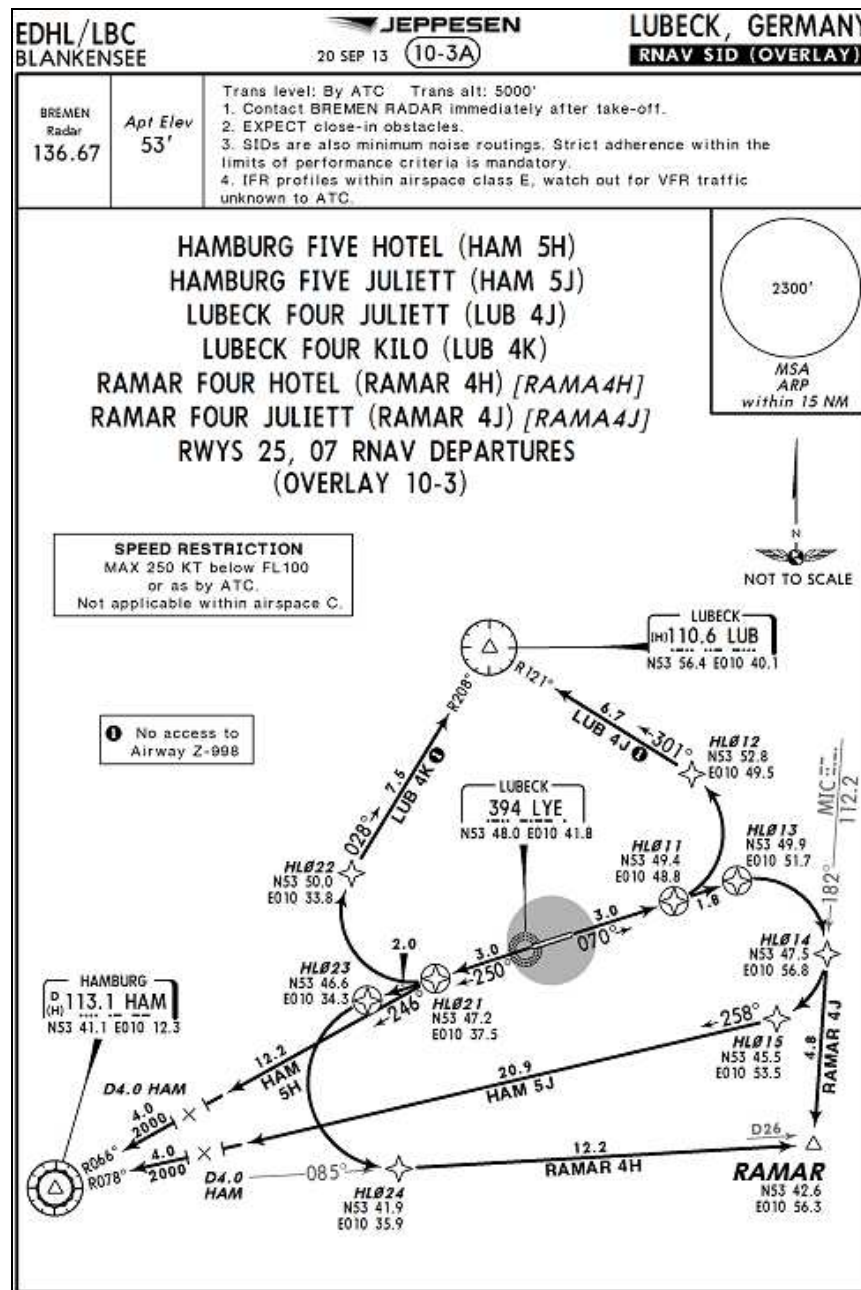


Abbildung 6-3: Abflugroute RAMAR 4J Flughafen Lübeck RNAV-Overlay [Quelle: Jeppesen]

Der Einfluss auf den *Crosstrack Error* des Winkelfehlers eines DVOR/VOR steigt mit zunehmendem Abstand des LFZ vom Funkfeuer. Beim vorliegenden Abflugverfahren ist der Abstand zum DVOR MIC am größten beim Erreichen des *Waypoints* RAMAR, welcher zugleich den Endpunkt des Verfahrens markiert. Mit Hilfe einer trigonometrischen Berechnung lässt sich aus der getroffenen Annahme eines akzeptablen *Crosstrack Errors* von +/-5 NM der resultierende Gesamtwinkelfehler des DVOR MIC berechnen.

$$\tan(\text{Gesamtwinkelfehler DVOR MIC}) = \frac{\text{Crosstrack Error}}{\text{Abstand zum DVOR MIC}}$$

Der Abstand des *Waypoints* RAMAR zum DVOR MIC beträgt 35 NM (vgl. Abbildung 6-4). Er befindet sich am Ende der SID, so dass sich das LFZ definitiv oberhalb der MRVA befindet, welche nach dem Einkurven auf das Radial 182° *outbound* MIC bei

1.800 ft liegt. Daraus resultiert ein aus operationeller Sicht akzeptabler Gesamtwinkelfehler von $8,13^\circ$ auf dem Radial 182, was $3,13^\circ$ über dem im DFS-Berechnungsverfahren genannten Wert für die VOR-Gesamtstörung liegt [10].

Hierbei gilt es anzumerken, dass diese *Worst-Case* Konstruktion nur für das Abflugverfahren RAMAR 4J gilt, bedingt durch das Vorhandensein eines RNAV-Overlay Verfahrens. Sollte das DVOR MIC für konventionelle Streckennavigation mit Funknavigationshilfen außerhalb veröffentlichter Flugverfahren verwendet werden, geht der Luftfahrzeugführer von den genannten Fehlern in ICAO Annex 10 und den Einschränkungen veröffentlicht in der AIP aus. Allerdings sind in Deutschland keine konventionellen Routen mehr vorhanden (vgl. 3.4.2) und ab einer Flughöhe von über FL95 (ca. 9.500 ft MSL) ist er verpflichtet, eine B-RNAV Ausrüstung mitzuführen (vgl. 3.3.5). Die Anzahl an LFZ, die somit das DVOR MIC außerhalb des Abflugverfahrens RAMAR 4J zur konventionellen Funknavigation verwenden, ist dementsprechend relativ gering.

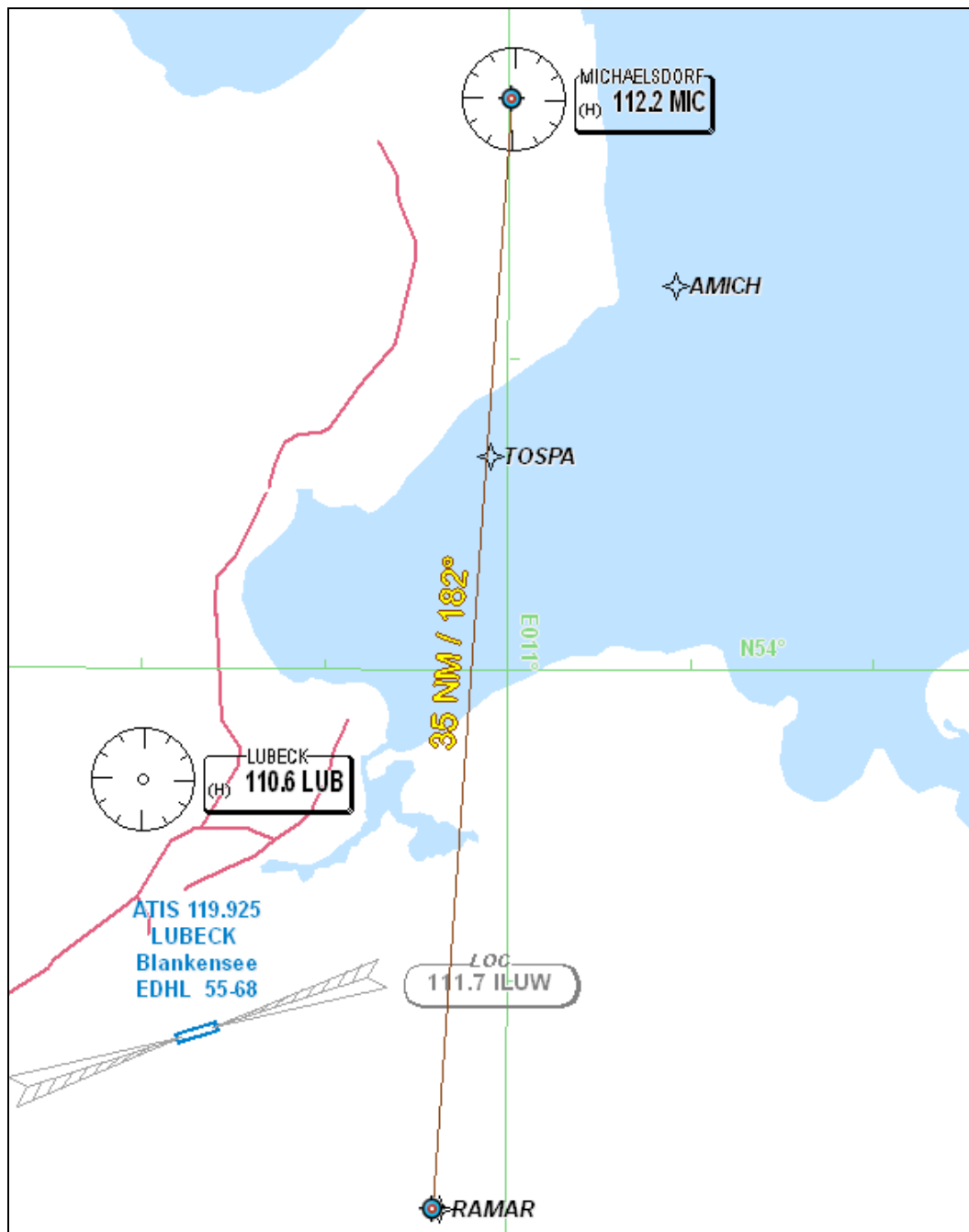


Abbildung 6-4: Abstand Waypoint RAMAR zum DVOR MIC [Quelle: Jeppesen]

Außerdem wird das DVOR MIC beim Anflugverfahren NUSTA 6Q in EDHK verwendet, um eine *Intersection* (NUSTA) zu definieren. Dies erfolgt über den Radial 230°, wie in Abbildung 6-5 zu erkennen ist. Allerdings wird NUSTA auch über das Radial 030° und eine zusätzliche DME Entfernung (35 NM) des DVOR/DME Hamburg (HAM) definiert, so dass hier auch ohne das 230° Radial MIC eine vollständige Positionsbestimmung erfolgen kann (vgl. 3.3.2). Dieses Funknavigationsverfahren ist somit auch ohne das DVOR MIC durchführbar.

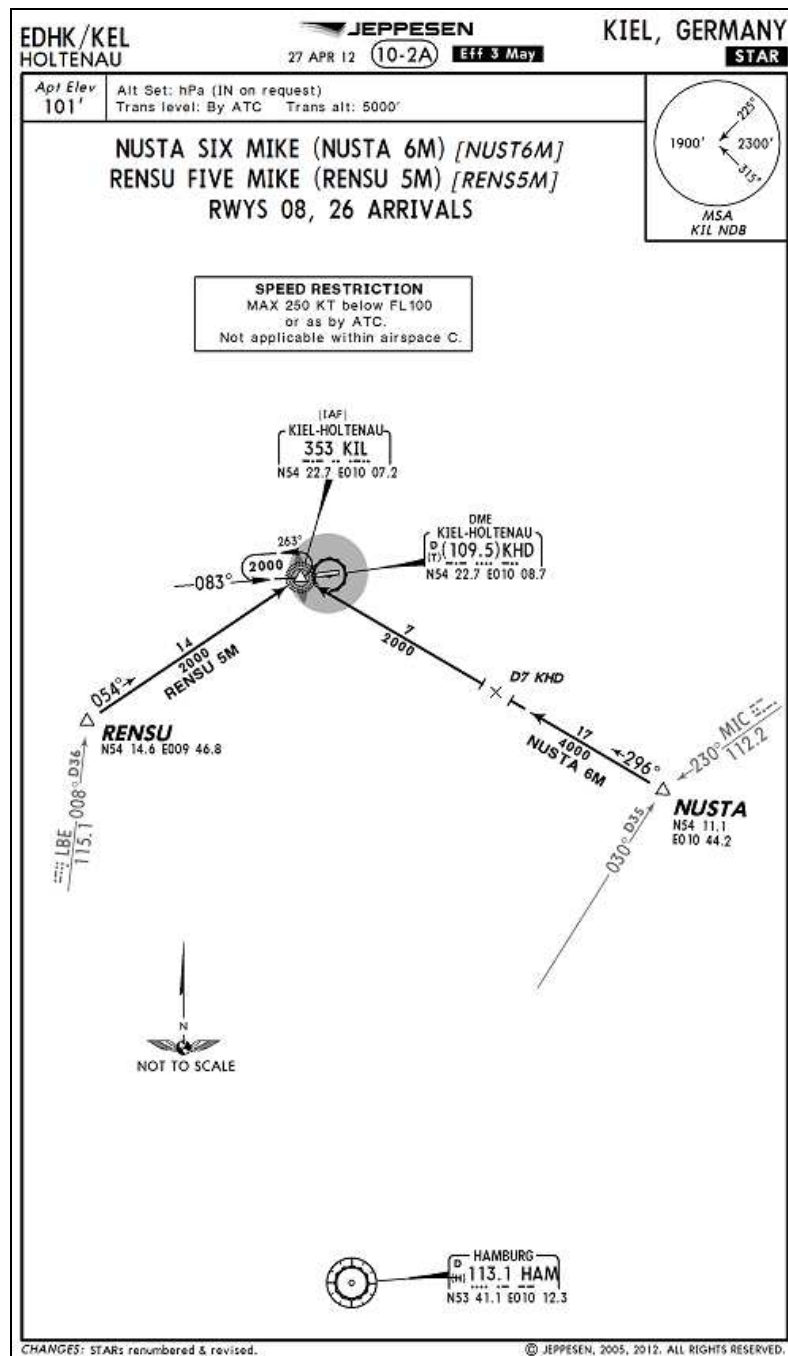


Abbildung 6-5: NUSTA 6M Anflugroute Flughafen Kiel [Quelle: Jeppesen]

6.1.4 Schlussfolgerungen

Das DVOR MIC wurde bezüglich seiner operativen Nutzung und Einbindung in die umgebende Navigationsinfrastruktur untersucht. Dabei muss zwischen der Nutzung für RNAV und konventionelle Funknavigation unterschieden werden.

6.1.4.1 RNAV

Bezüglich einer Nutzung für die Positionsaktualisierung mit einem RNAV System kann prinzipiell auf das DVOR MIC verzichtet werden. Im Umkreis der DVOR befinden sich genügend andere Stationen, so dass für eine Aktualisierung der LFZ-Position mit Hilfe von VOR/DME eine Abdeckung entsprechend PANS-OPS gewährleistet ist. Das DVOR MIC kann aus Sicht der RNAV-Nutzung abgebaut werden.

6.1.4.2 Konventionelle Funknavigation

Das DVOR MIC ist in zwei konventionellen Flugverfahren eingebunden. Die „Worst-Case“ Betrachtung aus operativer Sicht hat gezeigt, dass prinzipiell ein Fehler von 8,13° auf dem Radial 182° für das RAMAR 4J noch akzeptabel wäre, ohne dass die Sicherheit des Luftverkehrs beeinträchtigt würde. Allerdings ist dies beschränkt auf das entsprechende Radial und Bedarf einer exakten Simulationsmöglichkeit und Vermessung, um die Auswirkung der Errichtung von neuen WEAs auf den Gesamtfehler des DVOR hier vorherzubestimmen. Das Anflugverfahren NUSTA 6M könnte prinzipiell auch ohne die Verwendung des DVOR MIC operativ genutzt werden.

Bei der Betrachtung der SID RAMAR 4J fällt auf, dass der Radial 182° bis zu einer Höhe von 5.400 ft MSL nicht nutzbar ist (vgl. AIP). Auch LFZ mit vergleichsweise hohen Steigraten – z.B. Airbus A320 der Wizzair – erreichen diese Höhe noch nicht beim Eindrehen auf das Radial, wonach diese Abflugroute als konventionelles Funknavigationsverfahren nicht mehr betrieben werden dürfte. Auf Nachfrage bestätigte die DFS diese Problematik, verwies aber auf eine eigens durchgeführte Flugvermessung dieser speziellen Route, die die operative Nutzbarkeit belegte. Die Firma Flight Calibration Service allerdings bestätigte nach Rücksprache, dass die Messung angezweifelt würde und eine mögliche Sperrung der Abflugroute noch aussteht.

6.1.4.3 Optimierung

Auf Grund der geringen Einbindung in konventionelle Funknavigationsverfahren und der ausreichenden Abdeckung für RNAV besteht die Möglichkeit, die auf das DVOR MIC basierenden Funknavigationsverfahren zu optimieren. Bei einem völligen Verzicht der Verwendung des DVOR MIC in konventionellen Funknavigationsverfahren, könnte auf den Standort verzichtet werden, d.h. die Anlage könnte abgebaut werden, ohne die Sicherheit des Luftverkehrs zu beeinflussen. Allerdings müssen dabei die Auswirkungen auf das gesamte System Luftverkehr beachtet werden (Sicherheit, Verkehrsfluss, Ökonomie, Lärmvermeidung, Nutzung für Training).

Für die Optimierung der Flugverfahren stehen der Verfahrensplanung zwei verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung:

- Verwendung anderer Funknavigationseinrichtungen

Auf Grund der relativ hohen Abdeckung an alternativen DVOR/VORs in der unmittelbaren Umgebung des DVOR MIC gilt es seitens der Verfahrensplanung zu prüfen, ob die Definition der beiden konventionellen Flugverfahren auch durch andere Funknavigationshilfen, z.B. DVOR HAM, DVOR LUB oder DVOR BKD erfolgen kann. Im Anflugverfahren NUSTA 6M wird der *Waypoint* NUSTA bereits zusätzlich durch den Radial 030° vom DVOR HAM gestützt. Eine ähnliche Variante für das Abflugverfahren RAMAR 4J ist denkbar, die Rechtskurve in Richtung RAMAR könnte z.B. über ein Radial vom DVOR BKD erfolgen (Reichweite nach AIP 80NM ohne radiale Einschränkungen).

- Verwendung reiner GPS-Verfahren

Beide Flugverfahren könnten auf reine GPS-Verfahren umgestellt werden. Dies hätte allerdings zur Folge, dass LFZ ohne GPS (keine Ausrüstungspflicht nach FSAV) diese Verfahren nicht nutzen könnten. Da beide betroffenen Flughäfen – Kiel und Lübeck – als Regionalflughäfen klassifiziert sind, d.h. die Flugsicherungsdienste nicht von der DFS ausgeübt werden, könnten sie individuelle Entscheidungen

gen bezüglich der Verwendung von GPS-Verfahren treffen. Der jeweilige Regionalflughafen muss hier eine entsprechende Abschätzung durchführen, inwieweit sich die Umstellung auf GPS-Verfahren wirtschaftlich auf den operativen Betrieb auswirkt. Dabei ist vor allem der Ausrüstungsstand der lokal operierenden LFZ und die tatsächliche Nutzung der jeweiligen Verfahren von Relevanz. An einigen Regionalflughäfen in Deutschland sind entsprechende Analysen zur Umstellung der angebotenen IFR-Flugverfahren durchgeführt worden (vgl. 7.1), um eine mögliche Einsparung an Infrastruktur von Funknavigationsanlagen zu ermöglichen. Für internationale Verkehrsflughäfen (z.B. Frankfurt/Main) gilt die Serviceverpflichtung gegenüber den Luftraumnutzern der DFS, welche hier die Flugsicherungsdienste erbringt. Sie ist grundsätzlich verpflichtet, allen dort operierenden LFZ je nach Ausrüstungsstand entsprechende Flugverfahren (konventionell/RNAV) anzubieten.

Aus Sicht der Gutachter ist die Optimierung der Flugverfahren und daraus mögliche resultierende Einsparung der DVOR MIC die vielversprechendere Variante im Gegensatz zur Vergrößerung des Fehlerbudgets für den akzeptierten Gesamtwinkelfehler. Die geringe Einbindung in konventionelle Funknavigationsverfahren lässt beide Alternativen möglich erscheinen, es bedarf allerdings einer verlässlichen und anerkannten Simulation und Berechnung des zu erwartenden Winkelfehlers und anschließender Vermessung bei der Errichtung zusätzlicher WEAs, um das eventuell vergrößerte Fehlerbudget zu nutzen. Die operativen Beeinträchtigungen durch den Verzicht des DVOR MIC und die damit zusammenhängenden Umstellungen der Flugverfahren erscheint gering, zumal eines der beiden Verfahren (RAMAR 4J) sich derzeit ohnehin in Prüfung bezüglich der operativen Nutzung befindet. Es müsste seitens der Verfahrensplanung oder der Flughafenbetreiber geprüft werden, inwieweit eine Veränderung der Verfahren durch alternative konventionelle Funknavigationshilfen oder über GPS erfolgen kann.

6.2 DVOR Lübeck LUB

Das DVOR Lübeck liegt ca. 5NM nördlich von Lübeck mit folgenden Basisinformationen:

- Frequenz 110,60 MHz
- Kennung LUB
- Koordinaten N 53 56 26,67
E 010 40 04,03

Laut Luftfahrthandbuch AIP ist es nutzbar bis zu einer Entfernung von 65 NM und einer Höhe von ca. 50.000 ft MSL (FL500).

6.2.1 Flugverfahren und Funklandschaft

Für die operative Nutzung relevant ist die Einbindung des DVOR MIC in Flugverfahren mit konventioneller Funknavigation – in Deutschland nur SID, STAR, Approach und Missed Approach (vgl. 3.4) – und die Verwendung für eine Positionsaktualisierung bei RNAV.

Folgende konventionelle Funknavigationsverfahren der Flughäfen EDHL, EDHK, Hamburg (EDDH9 und Hamburg/Finkenwerder (EDHI)) nutzen derzeit das DVOR MIC:

- **SID**
 - LUB 4J (EDHL)
 - LUB 4K (EDHL)
 - LUB 6E (EDHK)
 - LUB 5N (EDHK)
 - LUB 9B (EDDH)
 - LUB 8C (EDDH)
 - LUB 9D (EDDH)
 - LUB 9G (EDDH)
 - RAMAR 2B (EDDH)
 - RAMAR 2C (EDDH)
 - RAMAR 2D (EDDH)
 - RAMAR 2G (EDDH)
- **STAR**
 - BOGMO 1L (EDHL)
 - NOLGO 1L (EDHL)
 - RARUP 1L (EDHL)
 - LUB 6M (EDHK)
 - RIBSO 2A (EDDH)
 - RIBSO 3A (EDHI)
- **Approach**
 - ILS 07 (EDHL)
 - ILS 25 (EDHL)
 - NDB 07 (EDHL)
 - NDB 25 (EDHL)

- **Missed Approach**

- ILS 07 (EDHL)
- ILS 25 (EDHL)
- NDB 07 (EDHL)
- NDB 25 (EDHL)
- Holding (EDHL)

Für die Nutzung bei RNAV 5 zur Aktualisierung der LFZ Position in der Sensorkombination VOR/DME ist die entsprechende Abdeckung durch Navigationsanlagen bedeutend. Wie in Abschnitt 3.5 beschrieben, gibt es aus Sicht der Verfahrensplanung die Forderung, dass in 60 NM bzw. 75 NM sich mindestens ein VOR bzw. DVOR befinden muss, um eine adäquate Aktualisierung der LFZ Position mit Hilfe der Sensorik VOR/DME durchzuführen. Abbildung 6-6 zeigt die umgebende Funklandschaft an DVORs/VORs um das zu untersuchende DVOR LUB (grün). Folgende Funknavigationshilfen sind als relevant einzustufen:

- Helgoland VOR **DHE**
- Alsie VOR **ALS**
- Korsa VOR **KOR**
- Codan VOR **CDA**
- Trent DVOR **TRT**
- Brunkendorf DVOR **BKD**
- Hamburg DVOR **HAM**
- Michaelsdorf DVOR **LUB**

Die großen roten Kreise symbolisieren die 60 NM / 75 NM Entfernungen zu den jeweiligen Funkfeuern. Die Grafik zeigt, dass auch ohne den Empfangsbereich des DVOR LUB eine vollständige Abdeckung des umgegebenen Luftraums gegeben wäre. Wäre das DVOR LUB außer Betrieb, könnte ein zertifiziertes RNAV 5 System weiterhin problemlos in der Umgebung von LUB eine Aktualisierung der LFZ Position via VOR/DME vornehmen.

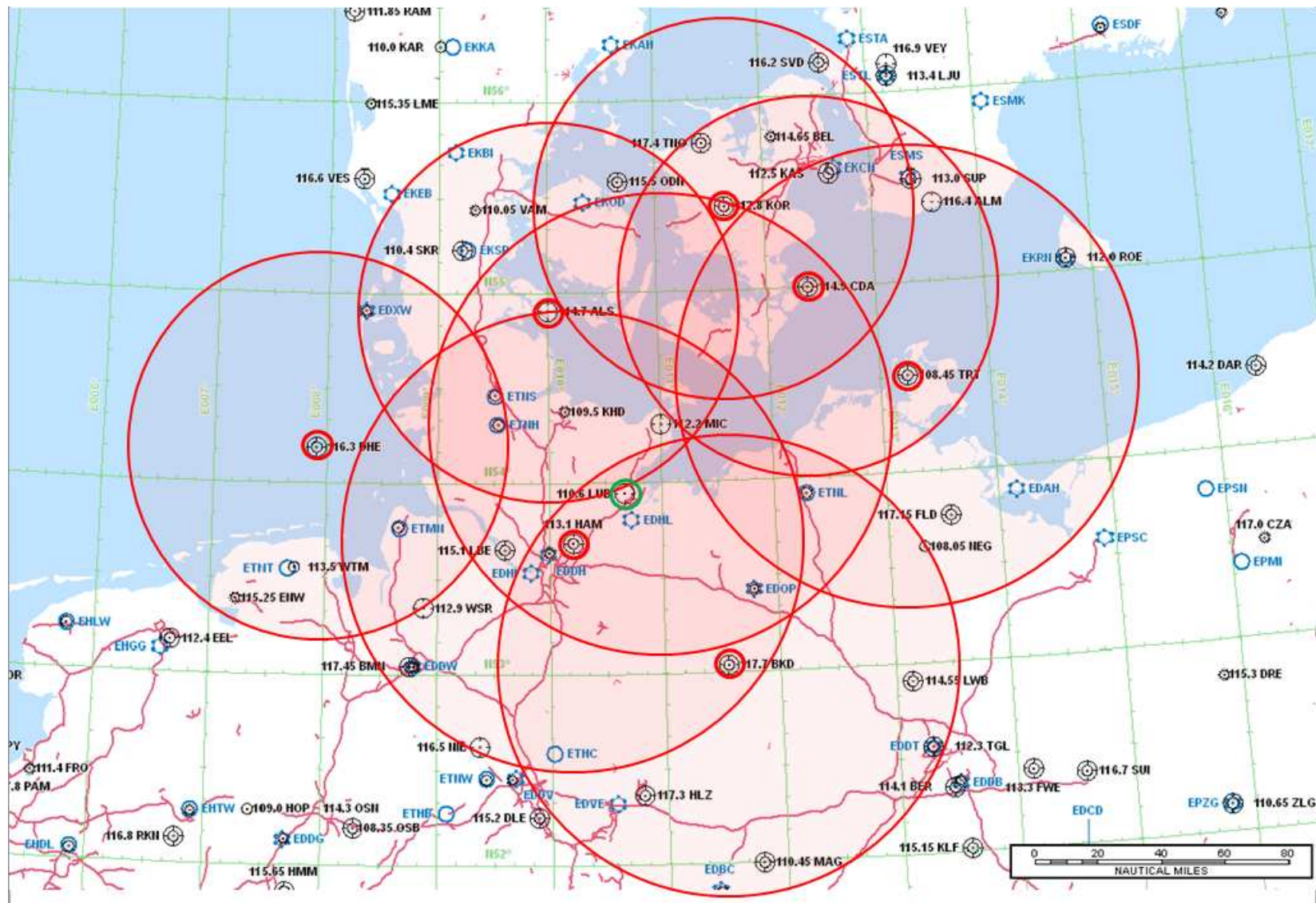


Abbildung 6-6: Abdeckung von DVOR/VOR im 60 NM/75 NM Radius [eigene Anfertigung]

6.2.2 Betriebliche Nutzung DVOR LUB

Das DVOR LUB ist vielfältig in den Verkehr im ihn umgebenden Luftraum eingebunden. Eine Reihe von konventionellen Funknavigationsverfahren der Flughäfen EDDH, EDHL und EDHK basieren auf dem DVOR LUB (vgl. 6.2.1). Alle drei Flughäfen und der Werksflughafen von Airbus EDHI befinden sich in einem einzigen Flugverkehrskontrollsektor, d.h. ein Fluglotse kümmert sich prinzipiell um die Kontrolle der anfliegenden und abfliegenden LFZ aller Flughäfen. Dies führt zu einer hohen Anforderung bezüglich des Situationsbewusstseins an den verantwortlichen Fluglotsen, da er sich zeitweise um den Verkehr von drei Flughäfen zur selben Zeit kümmern muss. Nur bei besonders hohen Verkehrsaufkommen wird der Sektor aufgeteilt und von zwei Fluglotsenteams¹⁸ bearbeitet.

Alle Standardanflüge in EDHL beginnen am IAF LUB. Wenn auf Grund des Verkehrsaufkommens der Fluglotse nicht in der Lage ist, die LFZ vom IAF durch Radarvektoren zum FAF zu führen, weist er in der Regel den Standardanflug an. Die Führung mit Hilfe von Radarvektoren erfordert viele Anweisungen an den jeweiligen Luftfahrzeugführer, was zu einer hohen Belastung der Funkfrequenz führt. Der Fluglotse kann immer nur Anweisungen an ein LFZ geben, so dass er die ihm zur Verfügung stehende Zeit bei der Verwendung des Sprechfunks bei hohem Verkehrsaufkommen gut einteilen muss. Mit der Anweisung von Standardanflügen für LFZ an kleinen Regionalflughäfen im Kontrollsektor schafft er sich zusätzliche Kapazitäten, um den anfliegenden Verkehr in den umliegenden Flughäfen (vor allem der internationale Verkehrsflughafen EDDH) besser bearbeiten zu können. Er kann zwar auch auf die vorhandenen RNAV-Transitions (vgl. 3.4.3) zurückgreifen, je nach Verkehrsszenario oder Ausrüstung des LFZ ist der Standardanflug jedoch die Lösung mit der niedrigeren Arbeitsbelastung für den Fluglotsen.

Alle Fehlanflugverfahren in EDHL und das entsprechende Warteflugverfahren *Holding* sind über das DVOR LUB definiert. Sollte ein LFZ nach einem Fehlanflug das *Holding* für die Lösung möglicher Probleme nutzen, oder bedingen betriebliche Umstände wie Wetter, hohes Verkehrsaufkommen oder technische Probleme die Nutzung des *Holdings* , so ist die Lage nördlich vom Flughafen EDHL – außerhalb des an- und abfliegenden Verkehrs – aus betrieblicher Sicht sinnvoll. Eine Verlagerung des *Holdings* in Richtung Flughafen – falls das DVOR LUB außer Betrieb genommen würde – erscheint aus betrieblicher Sicht nicht praktikabel, da es zu einer Zusammenführung der verschiedenen Verkehrsströme führen würde. Eine konsequente Trennung des an- und abfliegenden Verkehrs und der LFZ im *Holding* trägt zur Erhöhung des Sicherheitsniveaus bei.

Der Flughafen EDHL weist grundsätzlich ein vergleichsweise niedriges Verkehrsaufkommen auf. Die beiden zivilen Fluggesellschaften Ryanair und Wizz Air /Wizz Air Ukraine bieten insgesamt sieben Destinationen mit mehreren Flügen wöchentlich an, ergänzt wird das Angebot durch einige weitere Destinationen von Charterfluggesellschaften.

¹⁸ Ein Sektor wird immer von zwei Fluglotsen bearbeitet – der Radarlotse ist im direkten Kontakt mit den LFZ und lenkt den Verkehr durch Flugverkehrskontrollfreigaben, der Koordinationslotse koordiniert den Luftverkehr mit den umgebenden Sektoren

Auf Grund des vergleichsweise geringen Verkehrsaufkommen durch zivilen Passagierverkehr ist der Flughafen jedoch wegen seiner Nähe zu den beiden Flughäfen EDDH und Rostock/Laage (ETNL) interessant, da sich an beiden Flughäfen Standorte der Lufthansa Fliegerschule befinden (Lufthansa Flight Training, Pilot Training Network). Häufig kommen LFZ mit auszubildenden Verkehrspiloten zum Trainieren von IFR-Flugverfahren an den Flughafen EDHL. Dabei werden vorwiegend Standardanflüge und Warteverfahren trainiert, was an verkehrsreichen Flughäfen auf Grund der resultierenden Störung des allgemeinen Verkehrsfluss oftmals nicht möglich ist und seitens der Flugsicherung abgelehnt würde.



Abbildung 6-7: Flughafen Lübeck EDHL [Quelle: [39]]

6.2.3 Worst-Case Szenario konventionelle Funknavigation

Eine Worst-Case Betrachtung zur Abschätzung des maximalen Winkelfehlers für das DVOR LUB aus operationeller Sicht erscheint nicht sinnvoll. Insgesamt 27 IFR-Flugverfahren verwenden das DVOR MIC, so dass die Gesamtkomplexität der Verfahrensstruktur eine Bestimmung des akzeptablen Maximalfehlers größer als den seitens PANS-OPS geforderten Wert nicht zulässt. Hier muss die Verfahrensplanung sich auf die in PANS-OPS (vgl. 3.5) festgelegten Werte stützen.

Gerade die Standardanflugverfahren und Fehlanflugverfahren lassen keine erweiterte operative Betrachtung der Gesamtgenauigkeit des DVOR LUB zu, da sie hohe Anforderungen an die Präzision der Flugführung stellen. Abbildung 6-8 zeigt den Standard-ILS Anflug der Landebahn 07 in EDHL. Das LFZ kommt vom DVOR LUB auf dem Radial 227° und der Luftfahrzeugführer muss dabei das NDB LYE zusätzlich in seinen Anzeigen gewählt haben. Sobald sein ADF eine Peilung von 087° zum NDB LYE muss er auf den finalen Endanflug in Richtung 070° eindrehen und mit Hilfe des ILS zur Landebahnschwelle der Landebahn 07 fliegen. Schon jetzt kann der Pilot auf Grund der nach PANS-OPS geforderten Gesamtgenauigkeit (*providing track*) von $\pm 5,2^\circ$ und der Entfernung zum DVOR MIC von 13,1 NM beim Einleiten der Kurve einen *Crosstrack-Error* von 1,19 NM haben, was ca. 2,2 Kilometer entspricht. Bei einer verbleibenden Strecke von 9,7 NM am FAF BITNA muss der Luftfahrzeugführer diese mögliche Abgabe korrigieren, um auf der 60 Meter breiten Landebahn aufzusetzen [39].

Ein Anheben des Budgets für den maximalen Gesamtwinkelfehler erscheint beim DVOR LUB aus operativer Sicht nicht sinnvoll und akzeptabel.

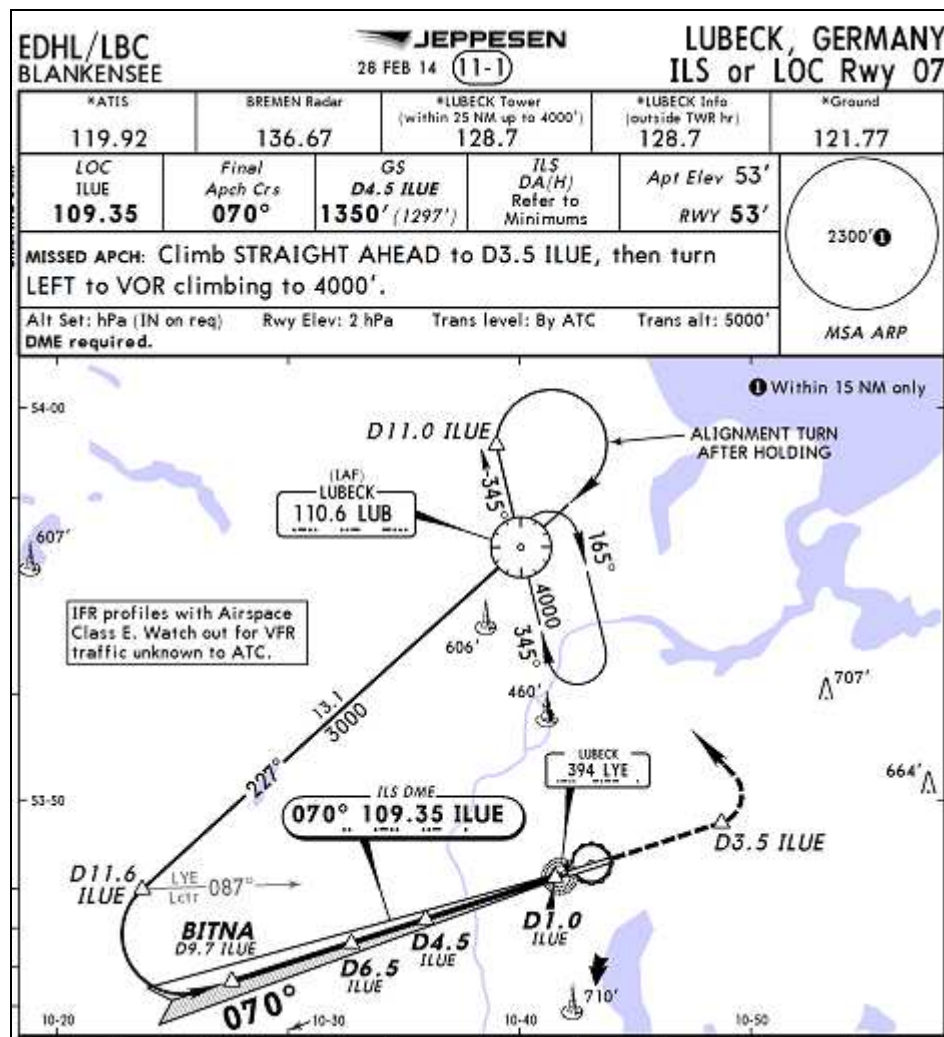


Abbildung 6-8: Standard-ILS Anflug Landebahn 07 EDHL [Quelle: Jeppesen]

6.2.4 Schlussfolgerungen

Das DVOR LUB wurde bezüglich seiner operativen Nutzung und Einbindung in die umgebende Navigationsinfrastruktur untersucht. Dabei muss zwischen der Nutzung für RNAV und konventionelle Funknavigation unterschieden werden.

6.2.4.1 RNAV

Bezüglich einer Nutzung für die Positionsaktualisierung mit einem RNAV System kann prinzipiell auf das DVOR LUB verzichtet werden. Im Umkreis der DVOR befinden sich genügend andere Stationen, so dass eine Abdeckung für eine Aktualisierung der LFZ-Position mit Hilfe von VOR/DME entsprechend PANS-OPS gewährleistet ist.

6.2.4.2 Konventionelle Funknavigation

Das DVOR LUB ist in 27 konventionellen Flugverfahren eingebunden. Die „Worst-Case“ Betrachtung für eine mögliche Vergrößerung des Fehlerbudgets des maximalen Gesamtwinkelfehlers erscheint auf Grund der vielfältigen Verwendung für SID, STAR, Endanflug, Fehlanflug und Warteverfahren und der Komplexität in der Ausführung nicht zielführend.

6.2.4.3 Optimierung

Aus Sicht der Gutachter wäre die Verwendung des DVOR LUB für die Aktualisierung der LFZ-Position mit RNAV-Systemen durch eine Optimierung der Navigationsinfrastruktur und daraus resultierenden Verzicht auf das DVOR möglich. Eine ausreichende Abdeckung an alternativen Funknavigationshilfen ist gegeben (vgl. 6.2.1). Der dafür allerdings benötigte Verzicht auf die Einbindung in konventionelle Funknavigationungsverfahren ist aus operativer Sicht nur mit hohem Aufwand durchführbar. Alle 27 IFR-Flugverfahren müssten zumindest für den internationalen Verkehrsflughafen EDDH durch andere Funknavigationshilfen definiert, oder bei den Regionalflughäfen EDHK und EDHL durch GPS-Verfahren ersetzt werden. Der resultierende Aufwand erscheint aus Sicht der Gutachter als nicht vertretbar. Das DVOR LUB wird dazu in seiner Funktion als konventionelle Funknavigationshilfe auf Grund seiner Lage abseits dichter Verkehrsströme (z. B. EDDH) vielfältig zum Training von konventionellen Funknavigationungsverfahren von Flugschulen (u.a. Lufthansa Flight Training) verwendet.

Ein Abbau des DVOR hätte somit Auswirkung auf Sicherheit und Verkehrsfluss und würde eine erhebliche Einschränkung für die entsprechenden Verkehrsteilnehmer im umgebenden Luftraum bedeuten.

7 Alternative Lösungen

Das folgende Kapitel zeigt weitere Möglichkeiten für eine Lösung im Konflikt WEADVOR/VOR auf. Dabei werden Aspekte aus Kapitel 6 aufgegriffen und in einem allgemeineren Kontext diskutiert, sowie alternative und langfristig greifende Optionen aufgezeigt.

7.1 Optimierung Navigations-Infrastruktur

Die Navigationsinfrastruktur in Deutschland ist historisch gewachsen. IFR-Flugverfahren wurden früher nur über konventionelle Funknavigationshilfen gestützt, mit Anstieg des Luftverkehrs stieg auch der Bedarf an Flugverfahren (An-, Abflug und Enroute) und somit der Bedarf an Funknavigationshilfen. Erst mit der Einführung von RNAV konnten Verfahren losgelöst von bodengestützten Navigationsanlagen geplant werden. Gerade der mittlerweile totale Verzicht auf konventionell gestützte ATS-Routen und die Einführung von B-RNAV über FL 95 in Deutschland (vgl. 3.3) verändert den Bedarf an entsprechenden Funknavigationshilfen. Bereits in 6.1.4 und 6.2.4 wird eine Optimierung der Navigationsinfrastruktur empfohlen. Dabei können bestimmte DVOR/VOR entweder durch geschickte Verlegung der betroffenen Verfahren auf andere Anlagen oder durch den ausschließlichen Einsatz von GPS-Verfahren eingespart werden.

Viele LFZ benötigen auf Grund ihrer hohen Navigationsleistung gestützt auf Multi-sensoren (IRS, GPS, multi-DME) keine DVOR/VOR Anlagen mehr. Nichtsdestotrotz muss die DFS auf Grund ihres Serviceauftrags zum einen auch den wenigen LFZ, welche auf DVOR/VOR angewiesen sind die entsprechende Infrastruktur bieten, zum anderen an internationalen Verkehrsflughäfen ein rudimentäres Fall-Back nach internen Vorgaben durch konventionelle Funknavigationshilfen beim Ausfall von RNAV sicherstellen.

Es bedarf einer individuellen Betrachtung der jeweiligen DVOR/VOR, um die tatsächliche operative Nutzung und Einbindung in konventionelle Funknavigationsverfahren zu analysieren. Der Verzicht einzelner Anlagen kann unterschiedliche Folgen aus Sicht des Flugbetriebs haben. Gerade an großen Verkehrsflughäfen könnte es durch den Abbau einer Anlage zur Verlegung von An- und Abflugverfahren kommen, was wiederum zur Veränderung der jeweiligen Verkehrsströme führen würde (Lärmproblematik bei Flugroutenänderungen). Wie in 3.4.3 beschrieben, endet eine STAR am IAF, welches meist durch ein DVOR/VOR definiert wird und meist auch Ausgangspunkt eines Warteflugverfahrens ist. IAF kanalisieren die Verkehrsströme des anfliegenden Luftverkehrs. Eine Verlegung der IAF durch den Verzicht auf das entsprechende DVOR/VOR kann zu neuen möglichen Konfliktpunkten zwischen an- und abfliegenden LFZ und dadurch zu erheblichen Auswirkungen auf die Arbeitsbelastung des verantwortlichen Fluglotsen führen. Eine Optimierung der Navigationsinfrastruktur an großen Verkehrsflughäfen ist nur mit einer sorgfältigen Untersuchung der lokalen Flugsicherungsverfahren und Arbeitsverfahren der Fluglotsen möglich, um den operativen Auswirkungen auf den Luftverkehr im betroffenen Luftraum gerecht zu werden.

In mehreren Treffen mit Vertretern der Verfahrensplanung der DFS wurde bestätigt, dass eine entsprechende Optimierung der Navigationsinfrastruktur bereits durchgeführt wird – z.B. der Abbau von NDB- dieser allerdings in den letzten Jahren vorerst zum

größten Teil gestoppt wurde. Die Kapazität der Verfahrensplanung der DFS reicht auf Grund anderer Projekte derzeit nicht aus, um eine entsprechende Optimierung weiterzuführen. Dazu gestaltet sich die Optimierung auf Grund der eben genannten Problematik der Auswirkungen auf Verkehrsströme an großen Verkehrsflughäfen mittlerweile als sehr komplex und aufwendig. Trotzdem besteht aus Sicht der Gutachter das Potential für weitere Einsparungen an durch DFS betriebenen DVOR/VOR, gerade im Streckenbereich für Anlagen, welche wenig in konventionelle Flugverfahren eingebunden sind. Das wirtschaftliche Einsparungspotential pro Anlage kann auf Grund fehlender Information seitens der DFS nicht genau beziffert werden, doch allein die regelmäßige Kontrolle mit Vermessungsflügen stellt einen erheblichen Kostenaufwand dar.

Tabelle 7-1 zeigt die Anzahl der DVOR/VOR einiger europäischer Länder – mit Hilfe der jeweiligen AIP – im Vergleich mit Deutschland. Dazu wird die jeweilige Gesamtfläche des Landes und das Verhältnis der Fläche zur Anzahl der vorhandenen DVORs/VORs gezeigt. Der höchste Wert, d.h. die größte Fläche pro DVOR/VOR (die wenigsten DVOR/VOR pro km²) liegt bei 17.812 in Finnland, der niedrigste bei 3.753 in der Schweiz – folglich das dichteste Netz an DVOR/VOR. Deutschland liegt mit einem Wert von 8.306 relativ in der Mitte. Dabei gilt es jedoch zu beachten, dass weder die Anzahl an Flugbewegungen, noch die Anzahl der großen internationalen Verkehrsflughäfen der jeweiligen Länder mitaufgenommen sind. Die Tabelle gibt nur Aufschluss über den voraussichtlichen Abdeckungsgrad durch DVOR/VOR-Anlagen, z.B. für eine Aktualisierung der LFZ-Position mit Hilfe von RNAV-Systemen.

Land	Fläche [km ²]	Anzahl DVOR/VOR	Verhältnis Fläche zu DVOR/VOR
Finnland	338.432	19	17.812
Polen	312.679	25	12.507
Norwegen	385.199	33	11.673
Ungarn	93.036	9	10.337
Frankreich	668.763	75	8.917
Tschechische Republik	78.864	9	8.763
Italien	301.338	36	8.371
Deutschland	357.167	43	8.306
Spanien	504.645	77	6.554
Portugal	92.212	16	5.763
Großbritannien	219.331	45	4.874
Niederlande	41.548	10	4.155
Dänemark	43.094	11	3.918
Schweiz	41.285	11	3.753

Tabelle 7-1: Anzahl Funknavigationsanlagen europäischer Länder [eigene Anfertigung]

Als weitere Alternative zur Optimierung und Rationalisierung der Infrastruktur durch Umlegung der konventionellen Verfahren auf andere konventionelle Funknavigationshilfen besteht die Umstellung betroffener Verfahren auf reine GPS-Verfahren (vgl. 6.1.4 und 6.2.4). Bodengestützte Navigationshilfen würden dann nicht mehr benötigt. Auf Grund der bisherigen FSAV, in der ein GPS-Empfänger und Anzeigegerät nicht als verpflichtend für IFR-Flüge mitaufgenommen ist, kann die Umstellung auf GPS-

verfahren zu Einschränkungen für die Luftraumnutzer führen. LFZ ohne GPS könnten die jeweiligen Verfahren nicht mehr verwenden.

Die Umstellung auf GPS-Verfahren bietet sich nach Aussage der DFS vor allem für Regionalflughäfen an, da hier die Flugsicherungsdienste nicht von der DFS erbracht werden. Der Flughafenbetreiber kann eigenständig entscheiden, ob er die Umstellung durchführen möchte. Er unterliegt prinzipiell nicht der Serviceverpflichtung gegenüber allen Luftverkehrsteilnehmern, sondern kann nach rein wirtschaftlichen Interessen eine entsprechende Entscheidung treffen. Möglicherweise kann er durch die Umstellung auf lokal am Flughafen sich befindende Funknavigationsanlagen verzichten, welche erhebliche Kosten im Betrieb (Wartung, Flugvermessung) erzeugen. Dies muss der Flughafenbetreiber gegenüber einem möglichen Verlust an Kunden (ohne GPS) und damit verbundenen Lande- und Abfertigungsgebühren sowie der vorübergehenden Schließung bei fehlerhaften GPS-Signal auf Grund fehlender Fall-Back Verfahren mit konventionellen Funknavigationshilfen abwägen. Eine Analyse der Flughafenutzer und dem Ausrüstungsstand der lokal operierenden LFZ sollte dazu durchgeführt werden. Die entsprechend neue Verfahrensplanung würde dann von der DFS durchgeführt.

Die Gefahr der vorübergehenden Einstellung des operativen Betriebs und die Serviceverpflichtung gegenüber allen Verkehrsteilnehmern im deutschen Luftraum schließt eine solche vollständige Umstellung an internationalen Verkehrsflughäfen unter DFS-Kontrolle derzeit aus.

Am Regionalflughafen Magdeburg (EDBM) erfolgte 2007 eine komplette Umstellung auf GPS-Verfahren. Ursprünglich existierte ein NDB/DME Anflug, gestützt durch eine DME- und NDB-Station am Platz sowie ein schon vorhandenes GPS-Overlay Verfahren. Im Jahr 2007 erfolgte die Umstellung auf reine GPS-Verfahren, was zu einer Einsparung des NDB und DME führte. Abbildung 7-1 zeigt das konventionelle Flugverfahren, Abbildung 7-2 zeigt nun GPS-Anflug mit Verzicht der lokalen konventionellen Funknavigationsinfrastruktur.

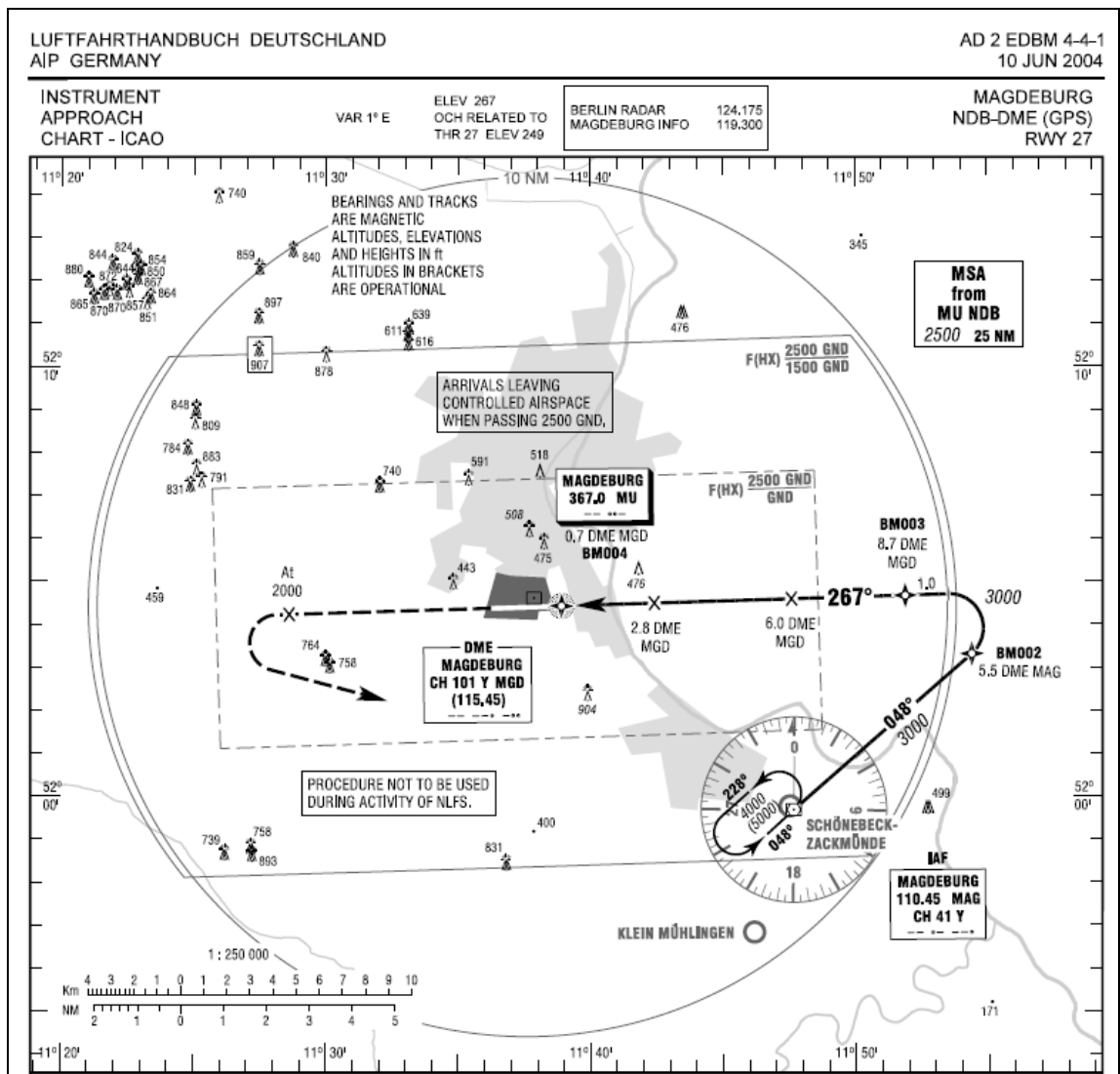


Abbildung 7-1: NDB/DME Anflug Flughafen EDBM [Quelle: AIP 10. Juni 2004]

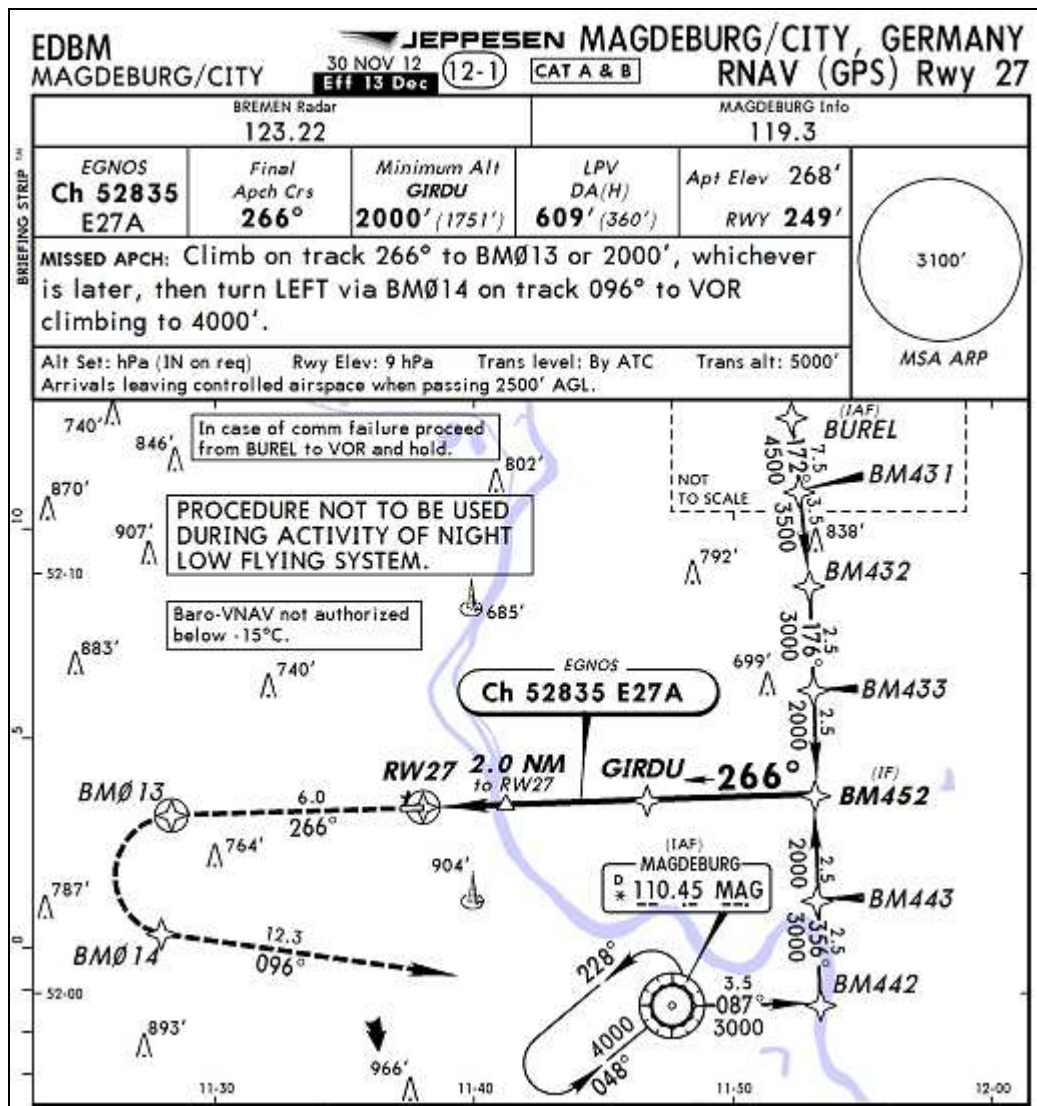


Abbildung 7-2: GPS-Anflug Flughafen EDBM [Quelle: Jeppesen, Stand 30. November 2012]

7.2 Versetzung

Im Falle der Behinderung des Baus eines Windparks bestünde grundsätzlich die Möglichkeit, den Konflikt durch eine räumliche Versetzung der entsprechenden DVOR/VOR Anlage zu lösen. Hierbei gilt es allerdings einige Faktoren zu beachten, die einer gründlichen Abwägung bedürfen.

Die Größe der Versetzung kann erheblichen Einfluss auf die durch das DVOR/VOR gestützten Funknavigationsverfahren haben. Je nach Abstand der neuen zur alten Position müssen die Verfahren angepasst oder sogar durch andere Funknavigationshilfen definiert werden, da die Streckenführung nicht beliebig verändert werden kann. Je mehr Verfahren in Abhängigkeit des zu Versetzenden DVOR/VOR stehen, umso komplexer gestaltet sich die Anpassung der jeweiligen Verfahren. Viele Verfahren unterliegen zudem Einschränkungen auf Grund von Hindernisfreiheit oder Lärmschutz der Bevölkerung, was eine Verschiebung zusätzlich erschwert. Aus operationeller Sicht scheint eine Versetzung der Anlage als wenig sinnvoll und schwer durchführbar, sollte das DVOR/VOR um eine größere Distanz (mehrere Kilometer) verschoben werden.

Eine Versetzung kann unter Umständen auch zu neuen Behinderungen führen, falls sich das Gebiet um die neue Position der DVOR/VOR möglicherweise auch als Eig-

nungsgebiet für den Bau von WEAs zeigt. Eine sorgfältige Abwägung der neuen Position ist erforderlich, da auch der zukünftige Ausbau bereits bestehender Windparks wiederum neue Konflikte hervorrufen kann, falls der 15 km Radius des DVOR(VOR verletzt würde. Eine verlässliche Simulation zur Auswirkung der WEA auf die Winkelgenauigkeit der DVOR/VOR würde benötigt, um eine ideale Position des DVOR/VOR zu berechnen.

Zusätzlich gilt es, auch die entstehenden Kosten durch Ab- und Aufbau des DVOR/VOR sowie der Umplanung und Neugestaltung der betroffenen Funknavigationsverfahren zu bestimmen und in den Entscheidungsprozess mit einzubeziehen.

Darüber hinaus ist fraglich, ob durch die Umsetzung nicht auch weitere, neue Konflikte zwischen „alten“ WEA-Standorten und „neuen“ Flugsicherungsstandorten herbeigeführt werden.

7.3 RNAV/RNP

Mit der Einführung von B-RNAV in Europa 1998 erfolgte die Umstellung auf eine *Waypoint*-basierte Streckenführung und Navigation, losgelöst von der starren Vorgabe bodengestützter Funknavigationshilfen. Diese werden jedoch weiterhin für die Definition von konventionelle Flugverfahren und die Aktualisierung der LFZ-Position mittels der Sensorkombination VOR/DME oder DME/DME benötigt.

Moderne LFZ (z.B. Airbus A320, Boeing B737NG) verwenden Navigationssysteme, die sehr hohe Genauigkeiten (bis zu 0,01 NM *Crosstrack-Error*) erzielen, ohne dass VOR/DME Information verwendet wird, da diese Sensorkombination nicht in der Lage ist, auf Grund der niedrigen Präzision des VOR entsprechende Genauigkeiten zu liefern. Das FMS des LFZ wählt VOR/DME sofort als Sensor ab, sobald eine ausreichende Anzahl an DME-Stationen oder GPS zur Verfügung stehen. P-RNAV, der Nachfolger von B-RNAV sieht VOR/DME schon nicht mehr als Sensorkombination vor (nur IRS, GPS, DME/DME). Allerdings ist P-RNAV derzeit noch nicht verpflichtend und wird nur bei einigen Verfahren mit entsprechendem Ausrüstungshinweis verwendet. Erst mit einer flächendeckenden Verpflichtung von P-RNAV kann ein vollständiger Verzicht von DVOR/VOR diskutiert werden. So lange die Möglichkeit besteht, auch ohne RNAV-Ausrüstung (in Deutschland nur unter FL95) oder mit rudimentärer B-RNAV Ausrüstung sich im Luftraum zu bewegen, gilt die Serviceverpflichtung der jeweiligen ANSPs der Aufrechterhaltung eines Basis-Netz an DVOR/VOR.

Zukünftig soll mit der Einführung des ICAO *Performance Based Navigation Concept* (PBN) (leistungsbasierte Navigation) je nach Flugphase unterschiedliche Anforderungen an die Navigationskomponenten und daraus resultierende Navigationsleistung (RNP) gelten. Das PBN-*Concept* soll eine einheitliche und global anwendbare Richtlinie für den Einsatz von Navigationssystemen schaffen. Durch den schrittweisen Verzicht von bodengestützten Navigationshilfen hin zu reinem GNSS-Verfahren soll eine Effizienzsteigerung des bisherigen Luftverkehrssystems geschaffen werden. Durch Optimierung der Routen und damit Verkürzung der individuellen Flugstrecke wird der Treibstoffverbrauch gesenkt und eine Reduzierung von Emissionen erzielt. Das PBN-*Concept* besteht aus drei Komponenten: der Navigations-Spezifikation, der Navigationsinfrastruktur und den Navigationsverfahren [22].

Eine zeitnahe vollständige Umsetzung des PBN-Concepts ist derzeit noch nicht absehbar.

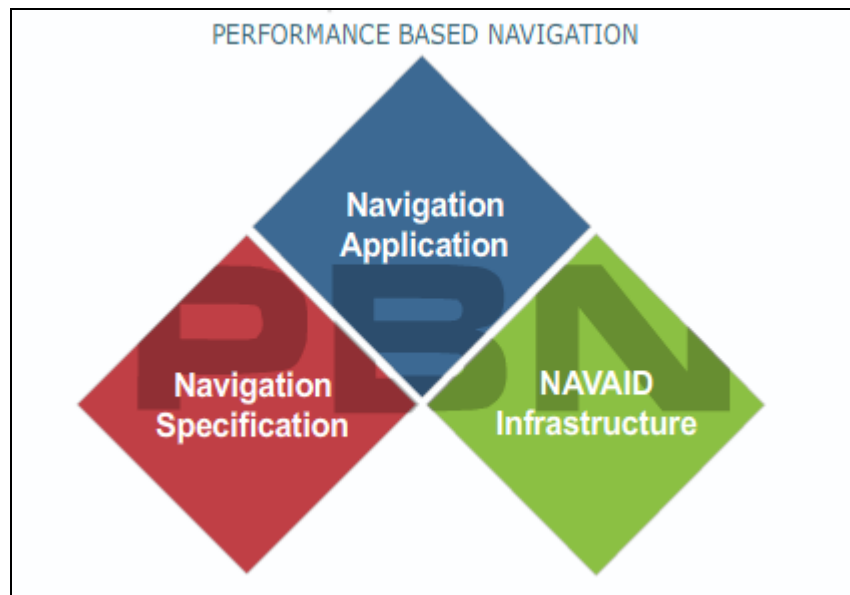


Abbildung 7-3: Drei Bestandteile des PBN-Concepts [Quelle: EUROCONTRO]

7.4 Rechtliche Veränderungen

Die FSAV sieht derzeit NDB, VOR und DME weiterhin als primäre Sensoren zur Navigation auch in Verbindung mit RNAV-Systemen vor. Eine Veränderung hinsichtlich zusätzlicher Verpflichtung der Mitnahme eines GPS/GNSS-Empfangers und Anzeigegeräts würde den vollständigen Verzicht von DVOR/VOR ermöglichen. Die IFR-Flugverfahren (SID, STAR, Fehlanflug) könnten vollständig auf GPS/GNSS umgestellt werden, was zu einer erheblichen Erleichterung für den Verfahrensplaner bezüglich der Konstruktion der jeweiligen Verfahrensschutzräume führen würde.

Dem stehen im Wesentlichen zwei Argumente entgegen. Einerseits die Verwendung von GPS und andererseits der Wunsch nach Einheitlichkeit in Europa.

Mit GPS existiert nur ein weltweit einwandfrei verfügbares GNSS. Dieses wird jedoch durch die Regierung der USA kontrolliert. Gerade zu Krisenzeiten könnte es sich als problematisch erweisen, dass dieses System durch die Regierung der USA manipuliert werden könnte. Hierdurch würde eine Abhängigkeit geschaffen werden, die nur mit politisch hohem Aufwand zu begründen wäre. Mittelfristig bietet sich die Alternative, auf das europäische GNSS Galileo zurückzugreifen.

Im Übrigen ist nicht davon auszugehen, dass kurzfristig ein Konsens unter allen Mitgliedstaaten der EU zu dem Verzicht bestimmter Flugsicherungseinrichtungen erreicht werden kann. Dies kann auch mit Gründen zu tun haben, die nicht vordergründig mit dem Bereich der Flugsicherung zusammenhängen (o. g. Abhängigkeit, Protektionismus gegenüber nicht ausgerüsteten Flotten, etc.). Gerade im Bereich des Single-European-Sky kann man erkennen, wie problematisch die Umsetzung politischer Ziele sein kann. In einem Alleingang wird Deutschland die FSAV vermutlich nicht ändern.

8 Erkenntnisse

8.1 Allgemein

Die Betrachtung der Auswirkung einer gestörten DVOR/VOR auf den operativen Flugbetrieb hat gezeigt, dass grundsätzlich durch das Errichten von WEA und einer daraus resultierenden – derzeit nicht eindeutig nachweisbaren – Beeinträchtigung der Winkelgenauigkeit des betroffenen DVOR/VOR keine akute Gefahr (z. B. Absturz) für ein Luftfahrzeug besteht. Sollte ein LFZ auf Grund der alleinigen Nutzung eines mit größerem Winkelfehler behafteten DVOR/VOR eine Abweichung vom Sollflugweg erfahren, so kann diese immer noch durch den verantwortlichen Fluglotsen korrigiert werden. Bei der Untersuchung der Fragestellung muss eine Unterscheidung in der Nutzung der Funknavigationseinrichtungen erfolgen. Ein DVOR/VOR kann zum einen für konventionelle Funknavigationsverfahren genutzt werden, aber auch für die Aktualisierung der LFZ-Position in der Flächennavigation.

Für beide Nutzungen gelten grundsätzlich die gleichen Anforderungen bezüglich maximal akzeptablen Winkelfehlers seitens der Verfahrensplanung, welcher von der Technik erfüllt werden muss. Nur so kann der Verfahrensplaner garantieren, dass die durch ihn berechneten Schutzräume mit Hindernisfreiheit im operativen Betrieb vom LFZ auf **allen** Abschnitten der Verfahren eingehalten werden. Eine individuelle Betrachtung in Abhängigkeit der räumlichen Position und Geometrie der DVOR/VOR zur jeweiligen Route könnte in einigen Fällen prinzipiell ein größeres Fehlerbudget ermöglichen – das LFZ würde weiterhin seine operativen Anforderungen bezüglich der Einhaltung der Verfahrensschutzräume einhalten.

Für konventionelle Funknavigationsverfahren könnte eine entsprechende individuelle Betrachtung erfolgen. Mit Zunahme der Einbindung eines DVOR/VOR in Funknavigationsverfahren würde die Komplexität der Berechnung steigen und ab einem gewissen Punkt operativ nicht mehr sinnvoll erscheinen. Dazu würde allerdings auch ein verlässliches Verfahren zur Bestimmung des zu erwartenden Anstiegs des Winkelfehlers durch neue WEAs benötigt. Das Gutachten hat gezeigt, dass viele Vereinfachungen in der Modelbildung zur Simulation getroffen werden müssen, die bei verschiedenen Experten zu unterschiedlichen Ergebnissen führen (vgl. Kapitel 4 und 5). Aktuell durchgeführte Messungen der Winkelgenauigkeit des DVOR MIC haben außerdem gezeigt, dass ein Anteil der bestehenden WEA im Umkreis der Anlage nicht nachgewiesen werden kann (vgl. 5.2).

Bei der Betrachtung von Flächennavigationsverfahren ist grundsätzlich nicht bekannt, welches DVOR/VOR das RNAV-System eines Luftfahrzeuges aktuell für die Positionsaktualisierung verwendet. Eine Berechnung des maximal akzeptablen Winkelfehlers zur Einhaltung des geforderten *Cross-Track-Errors* für ein spezielles Verfahren ist somit ausgeschlossen. Aus diesem Grund besteht durch PANS-OPS eine grundsätzliche Anforderung für den maximalen Winkelfehler (vgl. 3.5), so dass immer gewährleistet ist, dass die Verfahrensschutzräume eingehalten werden.

Die Forderung bezüglich maximaler Entfernung des LFZ zu einem DVOR/VOR für die Aktualisierung der Position lässt bei ausreichender Abdeckung und Verfügbarkeit eine Optimierung der Navigationsinfrastruktur zu. Rein aus Sicht der Flächennavigation müssen nur den Forderungen in PANS-OPS (vgl. 3.5) entsprechend viele DVOR/VOR vorgehalten werden, um die Sicherheit des Luftverkehrs weiterhin zu gewährleisten.

DVOR/VOR werden allerdings für Flächen- **und** Funknavigationsverfahren verwendet. In Einzelfällen besteht jedoch die Möglichkeit, durch Veränderung der jeweiligen Funknavigationsverfahren – in Abhängigkeit der Nutzung und Lage bezüglich anderer Verfahren – und dadurch resultierender Isolation von Funknavigationsverfahren die Möglichkeit der Rationalisierung einzelner DVOR/VOR.

Eine weitere Möglichkeit wäre der Verzicht von VOR/DME als Sensor für RNAV-Verfahren und die Aufnahme von GPS in die FSAV. Die Verfahrensplanung müsste so den Sensor mit der systembedingten niedrigsten Präzision nicht mehr in ihre Berechnung miteinbeziehen. In zukünftigen europäischen Navigationskonzepten ist die Nutzung von DVOR/VOR ohnehin nicht mehr vorgesehen. Derzeit ist die DFS auf Grund ihres Status als ANSP in Deutschland jedoch verpflichtet, noch ein bestimmtes Netz an DVOR/VOR zur Aufrechterhaltung der konventionellen Navigationsverfahren (vorwiegend An- und Abflugverfahren) und für die Positionsaktualisierung von RNAV-Systemen aufrecht zu erhalten.

8.2 DVOR Michaelsdorf / DVOR Lübeck

Die Analyse des **DVOR MIC** hat gezeigt, dass aus Sicht der operativen Verwendung eine Möglichkeit der Optimierung und Rationalisierung besteht. Das DVOR wird nur für wenige konventionelle Funknavigationsverfahren verwendet, so dass durch eine entsprechende Veränderung der Routenführung ein Ausschluss von konventionellen Funknavigationsverfahren erfolgen kann. Eine Veränderung der Verkehrsströme mit merklicher Auswirkung auf den operativen Betrieb der Flugsicherung ist nicht zu erwarten. Die Anzahl an DVOR/VOR im Umkreis der Anlage MIC ist hinsichtlich der Verwendung für Flächennavigation ausreichend gegeben, so dass ein Verzicht auf das DVOR ohne Auswirkungen auf die operative Sicherheit des Luftverkehrs möglich ist.

Die Analyse des **DVOR LUB** hat eine erhebliche Nutzung durch konventionelle Funknavigationsverfahren gezeigt. 27 IFR-Verfahren werden u.a. durch das DVOR LUB definiert, mehrere SID und STAR des internationalen Verkehrsflughafens EDDH und Standardanflüge des Regionalflyhufens Lübeck mit dazugehörigen Warteflugverfahren. Dazu wird das DVOR LUB von lokalen Flugschulen zum Training von IFR-Verfahren verwendet, so dass ein Verzicht aus operativer Sicht nicht empfehlenswert ist.

Aus Sicht der Flächennavigation besteht zwar ausreichend Verfügbarkeit anderer DVOR/VOR im Umkreis, so dass eine Aktualisierung der LFZ-Position mit RNAV-Systemen ohne das DVOR/VOR LUB möglich wäre. Die Einbindung in den operativen Flugbetrieb und die vielfältige Nutzung für konventionelle Funknavigationsverfahren stehen sprechen gegen einer Rationalisierung der Anlage. Auch eine individuelle Anpassung des Fehlerbudgets für den Gesamtwinkelfehler ist auf Grund der Komplexität der Verfahren nicht denkbar.

8.3 Rechtlich

Die Analyse der luftrechtlichen Vorschriften im Zusammenhang mit der Errichtung von WEA hat zu folgenden Ergebnissen geführt:

- §§ 12, 14 und §18a LuftVG haben unterschiedliche, sich teilweise überlappende, Anwendungsbereiche und Schutzzwecke. Bei der geplanten Errichtung von Bauwerken

außerhalb eines Bauschutzbereichs und höher als 100 m ist für Fragen zu Flugsicherungseinrichtungen ausschließlich § 18a LuftVG anwendbar.

- Die Entscheidung des BAF nach § 18a LuftVG ist endgültig und damit verbindlich. Es handelt sich dabei um einen konstitutiv-feststellenden Verwaltungsakt mit dem Inhalt der Feststellung, dass durch ein Bauvorhaben Flugsicherungseinrichtungen gestört werden können. Diese Feststellung löst nach § 18a Abs. 1 Satz 1 LuftVG ohne Weiteres ein gesetzliches Bauverbot aus.

- Der Prüfungsumfang bei § 18a LuftVG ist zweistufig:

-- Zunächst muss eine nachteilige Wirkung auf Flugsicherungseinrichtungen durch Bauwerke ermittelt werden (Beeinträchtigung).

-- Sodann muss bewertet werden, ob diese Beeinträchtigung hinnehmbar ist bzw. eine Hinnehmbarkeitsschwelle überschreitet. Der Maßstab hierfür wird durch § 27c Abs. 1 LuftVG gesetzt, nach dem die Flugsicherung nicht nur zu einer sicheren, sondern auch zu einer geordneten und flüssigen Abwicklung des Luftverkehrs verpflichtet ist.

- Auf beiden Stufen ist vorstellbar, dass § 18a LuftVG unter bestimmten Umständen über das erforderliche und damit erlaubte Maß in das Recht auf Eigentum nach Art. 14 GG eingreift. Dies kann der Fall sein, wenn das Bewertungsverfahren (fachtechnische Analyse) unzureichend ist, oder auch dann, wenn das BAF im Rahmen seiner Bewertung zu der Feststellung kommt, die rein technisch (zu großer Winkelfehler erwartet), nicht jedoch auch operativ (Nutzung der Anlage) begründet ist. In Anwendung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes sind in die Entscheidung des BAF auch mögliche Alternativen einzubeziehen, die das Eigentumsrecht eines Antragstellers möglicherweise weniger beeinträchtigen.

Da diese Überlegungen sich im Wortlaut des § 18a LuftVG nicht ausdrücklich widerspiegeln, sondern sich erst aus einer verfassungskonformen Interpretation ergeben, wird **vorgeschlagen**, die Vorschrift klarstellend entsprechend zu ergänzen.

- Ein Abweichen von der Entscheidung des BAF nach § 18a LuftVG im weiteren Verwaltungsverfahren ist vom Gesetzgeber nicht vorgesehen. Es handelt sich hierbei um einen eigenständigen (konstitutiv-feststellenden) Verwaltungsakt, der unmittelbar ein gesetzliches Bauverbot auslöst, dessen Inhalt also nicht lediglich in die Entscheidung einer anderen Behörde einfließt.

-- Dies gilt zunächst im Verhältnis zur Baugenehmigung. Anders als in den §§ 12 und 14 LuftVG ist die Einschätzung des BAF nämlich nicht als bloße und zudem sehr mittelbare, da in die Zustimmung der Landesluftfahrtbehörde einfließende, (verwaltungsinterne) Mitwirkungshandlung im Verfahren auf Erlass einer Baugenehmigung ausgestaltet.

-- Dies gilt ferner im Verhältnis zur Genehmigung nach dem BImSchG, obwohl die Entscheidung des BAF nach § 18a LuftVG nicht zu den in § 13 BImSchG aufgeführten Ausnahmen von der ansonsten dort angeordneten Konzentrationswirkung gehört. Wie oben ausgeführt, ist das hier in Rede stehende Bauverbot nämlich nicht unmittelbar Inhalt einer behördlichen Entscheidung; vielmehr handelt es sich um ein gesetzliches Bauverbot, das durch die Entscheidung des BAF lediglich ausgelöst wird. Im Interesse der Klarstellung wird jedoch **vorgeschla-**

gen, § 13 BImSchG um die Entscheidung des BAF nach § 18a LuftVG als weitere Ausnahme von der Konzentrationswirkung zu ergänzen.

- Antragsteller sind einer Entscheidung des BAF nicht hilflos ausgeliefert. Sie kann als (konstitutiv-feststellender) Verwaltungsakt vom Betroffenen mit Widerspruch und Anfechtungsklage nach § 42 Abs. 1 VwGO angefochten werden, und zwar mangels Adressierung und daher mangels Rechtsbehelfsbelehrung innerhalb eines Jahres nach zumutbarer Kenntnisnahme (vgl. § 58 VwGO). Die Entscheidung des BAF ist inhaltlich voll überprüfbar, und zwar auch unter dem Gesichtspunkt einer eventuellen Verletzung des Eigentumsrechts eines Antragstellers (Art. 14 GG). Dabei geht es insbesondere um die Impulse, die vom Verhältnismäßigkeitsgrundsatz ausgehen, namentlich von dessen Unteraspect der Erforderlichkeit. Stehen andere Möglichkeiten zur Verfügung, die die Funktionsfähigkeit der Flugsicherung ebenso gewährleisten und die gleichzeitig das Eigentumsrecht weniger beeinträchtigen, so ist diesen der Vorzug zu geben.

Quellenverzeichnis

- [1] Agora Energiewende: Entwicklung der Windenergie in Deutschland, Kurzstudie, Juni 2013
- [2] Agreement between the United Nations and the International Civil Aviation Organization (ICAO Doc. 7970).
- [3] Amtsblatt der EU vom 9.9.2011, L 232/2. Basis ist Art. 55 (a) CA einerseits sowie Art. 218, 220 AEUV andererseits.
- [4] ARINC: Navigation System Database, Arinc 424-20, 2011
- [5] C. Morlaas et al. (2008); „Wind Turbine Effects on VOR System Performance“, IEEE Transactions on Aerospace and Electric Systems Vol. 44 No. 4
- [6] C. Morlaas et al. (2009); „Propagation Model for Estimating VOR Bearing Error in the Presence of Windturbines – Hybridation of Parabolic Equation with Physical Optics“, CNS Department, ENAC 7 av. E. Belin; 31055 Toulouse France
- [7] CAP 670 - Air Traffic Services Safety Requirements, CAA UK, 2013, <http://www.caa.co.uk/docs/33/CAP670ISs03Amdt01.pdf>
- [8] CAP 764 - CAA Policy and Guidelines on Wind Turbines, <http://www.caa.co.uk/docs/33/CAP%20764%20Issue%205%20CAA%20Policy%20and%20guidelines%20on%20Wind%20Turbines%20v3%2028ISBN%20added%29.pdf>
- [9] Charta der Vereinten Nationen vom 26. Juni 1945 (BGBl. 1973 II S. 431).
- [10] Deutsche Flugsicherung GmbH (2013); „Bewertungsmethodik der DFS zur VOR-Beeinflussung durch Windenergieanlagen“; 9.12.2013
- [11] Deutsche Flugsicherung GmbH (2013); „Vergleich der DFS-Prognoseberechnungen... (empirische Validierung)“; 30.11.2013
- [12] Deutsche Flugsicherung GmbH: Betriebsanweisung Flugverkehrsdienste BA-FVD, 2012
- [13] Deutsche Flugsicherung GmbH: Luftfahrthandbuch Deutschland AIP, ENR 3.3, 2012
- [14] Deutsche Flugsicherung GmbH: Luftfahrthandbuch Deutschland AIP, ENR 1.5-18, 2002
- [15] Deutsche Flugsicherung GmbH: Luftfahrthandbuch Deutschland AIP, ENR 4.1, 2012
- [16] Deutsche Flugsicherung GmbH: Luftfahrthandbuch Deutschland AIP, GEN 1.5, 2002
- [17] Deutsche Flugsicherung GmbH: Luftfahrthandbuch Deutschland AIP, GEN 1.5-8, 2012
- [18] Deutsche Flugsicherung GmbH: STANLEY Track
- [19] Deutsche Windguard: Status des Windenergieausbaus an Land in Deutschland 2013
- [20] Dr.-Ing. Jochen Bredemeyer: Gutachten zur Interaktion zwischen Windenergieanlagen und DVOR-Anlagen der Flugsicherung, März 2014
- [21] EASA - European Aviation Safety Agency; CS-FSTD(A) (*Certification Specifications for Aeroplane Flight Simulation Training Devices*) <http://easa.europa.eu/system/files/dfu/CS-FSTD%28A%29%20Initial%20Issue.pdf>
- [22] EUROCONTROL: European Airspace Concept Handbook for PBN Implementation, Juni 2013
- [23] EUROCONTROL: IATA EUROCONTROL Avionic Survey, 2010
- [24] EUROCONTROL: IP2 – PBN data collection, November 2013

-
- [25] Grabherr/Reidt/Wysk, Luftverkehrsgesetz, Kommentar, 17. EL, 2013 Quellennummer, § 12 Rn. 77 ff.
- [26] Grabherr/Reidt/Wysk, Luftverkehrsgesetz, Kommentar, 17. EL, 2013 Quellennummer, § 18a, Rn. 55
- [27] Grabherr/Reidt/Wysk, Luftverkehrsgesetz, Kommentar, 17. EL, 2013 Quellennummer, § 18a, Rn. 16
- [28] H. Blaschek, G. Hüttig (2005); "Flugmesstechnik - Kompendium"; Technische Universität Berlin, Institut für Luft- und Raumfahrt, Fachgebiet Flugführung und Luftverkehr
- [29] Herndon, Albert: Flight Management Computer Navigation Database Capacity, MITRE 2012
- [30] <http://en.beidou.gov.cn/index.html> (letzter Zugriff 9. März 2014)
- [31] <http://glonass-iac.ru/en/> (letzter Zugriff 9. März 2014)
- [32] <http://www.airliners.de/dfs-kontrolliert-weniger-fluege-ueber-deutschland/32112>, (letzter Zugriff 24. April 2014)
- [33] http://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Erneuerbare-Energien, (letzter Zugriff 25.03.2014)
- [34] <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Erneuerbare-Energien/eeg-reform.html> (letzter Zugriff 21.05.2014)
- [35] <http://www.dfld.de/DFS-EAM04/01.htm> (letzter Zugriff 11. März 2014)
- [36] <http://www.enercon.de/de-de/windenergieanlagen.htm>, (letzter Zugriff 26.03.2014)
- [37] http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/What_is_Galileo (letzter Zugriff 9. März 2014)
- [38] <http://www.eurocontrol.int/navigation-activities> (letzter Zugriff 9. März 2014)
- [39] <http://www.flughafen-luebeck.de/>, (letzter Zugriff 10.03.2014)
- [40] <http://www.gps.gov/> (letzter Zugriff 9. März 2014)
- [41] http://www.honeywell.com/sites/aero/Flight_Management_Systems.htm (letzter Zugriff 9. März 2014)
- [42] <http://www.icao.int/MemberStates/Member%20States.Multilingual.pdf>, (letzter Zugriff 1. April 2014)
- [43] <http://www.nats.aero/services/information/wind-farms/self-assessment-maps/>
- [44] <http://www.physi.uni-heidelberg.de/~pelte/energie/energie3/data/kap3/wind.htm>, (letzter Zugriff 28.03.2014)
- [45] <http://www.rwe.com/web/cms/de/16646/rwe-power-ag/standorte/kernkraft/kkw-emsland/> (letzter Zugriff 25.03.2013)
- [46] http://www.skybrary.aero/index.php/Precision-Area_Navigation_%28P-RNAV%29(letzter Zugriff 1. April 2014)
- [47] <http://www.thema-energie.de/energie-erzeugen/erneuerbare-energien/windenergie/grundlagen/geschichte-der-windenergienutzung.html> (letzter Zugriff 25.03.2014)
- [48] <http://www.wind-energie.de/sites/default/files/attachments/page/arbeitskreis-radar/20130815-bwe-umfrage-radar.pdf>, (letzter Zugriff 28.03.2014)
- [49] https://www.cfm.eucontrol.int/RAD/common/airac_dates.html (letzter Zugriff 9. März 2014)
-

-
- [50] ICAO Doc 8071 (2000); "Manual on Testing of Radio Navigation Aids", 4th Edition
- [51] ICAO EUR Doc 015, deutsche Übersetzung:
http://www.baf.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/ICAO_Docs/EUR_Doc015.pdf?__blob=publicationFile, (letzter Zugriff 1. April 2014).
- [52] ICAO EUR 015 (2009); „European Guidance Material on Managing Building Restricted Areas“
- [53] ICAO: Annex 10, Aeronautical Telecommunications, Volume I Radio Navigation Aids, 2006
- [54] ICAO: Annex 11, Air Traffic Services, 2001 (Supplement 2003)
- [55] ICAO: Annex 2, Rules of the Air
- [56] ICAO: Doc 8168 „PANS-OPS Volume II Construction of Visual and Instrument Flight Procedures“, 2006
- [57] J. Bredemeyer (2014); „Gutachten zur Interaktion zwischen Windenergieanlagen und DVOR-Anlagen der Flugsicherung“; Vergabenummer ZB-U0-13-0689000-4121.1 im Auftrag des Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR); FCS Flight Calibration Service GmbH
- [58] J. Bredemeyer, P. Form (2000); „ILS Quality Control Referred to National Standards and Detection of Disturbing Sources“; Proceedings of the 11th International Flight Inspection Symposium (IFIS 2000), pp. 37-46
- [59] Leipziger Institut für Energie GmbH: Vorhaben Ile Windenergie, Zwischenbericht, März 2014
- [60] Mensen, Heinrich: Moderne Flugsicherung: Verfahren, Technik, VDI Juli 2004
- [61] NAVCOM Consult: „Systemtechnische Untersuchung und Beurteilung der Effekte von vier geplanten Windenergieanlagen des Typs Vestas V90 bei Niedererlenbach auf die CVOR MTR der DFS“, Oktober 2013
- [62] Planning Act 2008, <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2008/29/contents>
- [63] RTCA: Do-196, : „Minimum Operational Performance Standards for Airborne VOR Receiving Equipment Operating within the Radio Frequency Range of 108-117.95 MHz“, 1986

Anhang A Raumplanerische Fragen

A.1 Raumplanerische Fragen

[Die Bearbeitung der raumplanerischen Fragen konnte erst nach Zusatzbeauftragung aufgenommen werden. Das Gutachten diesbezüglich wird bis voraussichtlich Ende Juni 2014 ergänzt.]

Anhang B Zusammenfassung Gutachten Dr. Bredemeyer (2014)

Gutachten zur Interaktion zwischen Windenergieanlagen und DVOR-Anlagen der Flugsicherung [57]

Wörtliches Zitat der Kurzfassung, Kapitel „Zusammenfassung“, Seite 1

„In diesem Gutachten ist zu klären, welcher Fehleranteil der Zielgröße "Azimutwinkel" beim Doppler-Drehfunkfeuer Michaelsdorf (DVOR MIC) durch die bereits errichteten Windenergieanlagen (WEA) in der Nähe entsteht und ob einige zusätzliche, im Genehmigungsverfahren befindliche WEA diesen etwaigen Wert weiter messbar erhöhen würden.

Nur bei bestimmten Flugmanövern in geringer Höhe weit außerhalb der zulässigen Nutzung der Funknavigationsanlage ist ein Effekt reproduzierbar und messbar. Bei größeren Höhen nimmt die nachweisliche Störung durch WEA stark ab und wird vollständig vom Rauschen der dynamischen Messumgebung überlagert. Die Herleitung dieser Effekte erfolgt auf Basis von durchgeführten Sondervermessungen mit Hubschrauber und Vermessungsflugzeug. Dazu werden in dieser dynamischen Umgebung auf Signalebene des DVOR Einflüsse aus der näheren Umgebung von denen aus größerer Entfernung auf Signalebene eindeutig getrennt.

Die am stärksten fehlerbehafteten Winkelbereiche sind eindeutig auf Störungen im Nahfeld zurückzuführen und keinesfalls auf WEA im Bestand. In der Folge bestehen für die untersuchten Winkelbereiche des DVOR MIC auf Signalebene keine Bedenken, dass durch einige zusätzliche WEA ein messbares Störpotential hinzukommen könnte.

Die fiktive Konstruktion eines "Worst-Case-Szenarios" in Abhängigkeit von Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten ist aufgrund des Ausmaßes der in diesem Gutachten gezeigten dynamischen Effekte unerheblich, da ausgeschlossen werden kann, dass hierdurch jemals ein durch die Flugvermessung oder bei der regulären Nutzung des DVOR messbarer Einfluss auf die Signalqualität entstehen würde.

Es zeigt sich darüber hinaus, dass die unterschiedliche Dynamik des Messfluges auf Kreisen und Radialen differenzierbare Effekte auf Signalebene hervorruft und insbesondere der Winkelfehler durch das Phasenrauschen des DVOR-Referenzsignals beim Kreisflug größer ist als auf den Radialen. Dies erfordert eine separate Bewertung des vorhandenen Fehleranteils unter Berücksichtigung der tatsächlichen Nutzung der Anlage, z.B. auf Radialen der An- und Abflugverfahren von Flughäfen.

Alle in diesem Gutachten getätigten Äußerungen und Folgerungen beziehen sich technisch ausschließlich auf ein Doppler-VOR und örtlich betrachtet auf das DVOR MIC. Eine direkte Übertragung auf ein konventionelles VOR (CVOR) und dessen Sensitivität für Mehrwegeausbreitung elektromagnetischer Wellen durch umgebende Objekte ist aufgrund einer anderen Funktionsweise dieser Anlage unzulässig.“