



Sachstand

Windenergie und Drehfunkfeuer

Einzelfragen zu Anlagenschutzbereichen von Drehfunkfeuern für die Flugsicherung

Windenergie und Drehfunkfeuer

Einzelfragen zu Anlagenschutzbereichen von Drehfunkfeuern für die Flugsicherung

Aktenzeichen:

WD 8 - 3000 - 001/22

Abschluss der Arbeit:

02. Februar 2022

Fachbereich:

WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und Forschung

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Störungen von Radaranlagen durch Bauwerke	6
3.	Weiterentwicklung der Berechnungsgrundlagen	8

1. Einleitung

Die Ausweisung geeigneter Flächen zur Errichtung von Windenergieanlagen konkurrieren nicht selten mit den Standorten von terrestrischen Funk-Navigationsanlagen (Radaranlagen und UKW-Drehfunkfeuer, VHF-Omnidirectional Radio Range, VOR) für die Flugsicherung. Diese stehen ebenfalls auf Anhöhen oder freien Flächen, um eine optimale Signalausbreitung zu gewährleisten.¹ Die Abstandsregelungen haben im Wesentlichen einen Einfluss auf die Flächenverfügbarkeit für Windenergieanlagen. Die Erschließung neuer Flächenpotenziale soll zum einen durch den zügigen Ersatz älterer, konventioneller CVOR-Anlagen durch neue Doppler-Drehfunkfeuer-Anlagen (DVOR) und die Umstellung auf Flächennavigation erreicht werden. Zum anderen soll durch die Änderung der Bewertungsmethode zur Ermittlung von Störungen durch Windenergieanlagen eine Reduzierung des Anlagenschutzbereichs um Drehfunkfeuer möglich sein.²

Die Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) modernisiert nicht nur sukzessive die bodengestützten Radaranlagen, sondern plant bis zum Jahr 2030 alle An- und Abflugverfahren an den mehr als 60 deutschen Flugplätzen schrittweise auf hochpräzise satellitengestützte Flächennavigationsverfahren umzustellen. Satellitenbasierte Navigation ist im deutschen Luftraum im Bereich des Streckenfluges seit über 20 Jahren Standard. Im Bereich des An- und Abfluges gelten aufgrund der Verkehrsdichte und der Hindernissituation besondere Anforderungen an die Genauigkeit der Navigationssignale. Die mittlerweile verfügbare Anzahl der Satelliten in der Umlaufbahn stellt diesen Genauigkeitsstandard sicher.³

In Deutschland müssen für die Umstellung rund 2.500 An- und Abflugverfahren neu konstruiert werden. Die neuen Navigationsverfahren ermöglichen nicht nur mehr Genauigkeit beim An- und Abflug sondern auch eine flexiblere Flugroutengestaltung zur Verbesserung des Verkehrsflusses. Mit der Einführung dieses neuen Navigationsverfahrens kann die Anzahl bodengestützter Navigationsanlagen verringert und der weitere Ausbau der Windenergie ermöglicht werden.

1 Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) (2022). „Flugsicherung und Windenergie“, https://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Flugsicherung/Umwelt/Windkraft/

2 Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (2020). Drs 19/21061, „Umgesetzte Maßnahmen für mehr Windkraft“, <http://dip21.bundestag.de/btg/dip21/btd/19/210/1921061.pdf>

Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) (2021). „BMW und DFS unterstützen den Ausbau der Windkraft“, „https://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Presse/Pressemitteilungen/2021/11.06.2021-%20BMW%20und%20DFS%20unterst%C3%BCtzen%20den%20Ausbau%20der%20Windkraft/

3 Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) (2020). „Navigation der Zukunft beginnt im Norden“, „https://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Presse/Pressemitteilungen/2020/23.06.2020-%20Navigation%20der%20Zukunft%20beginnt%20im%20Norden/

Auf die bodengestützte Navigation kann aber aufgrund der Vorhaltung von Redundanzen für den Fall der Störung der satellitengestützten Navigation und aufgrund von älteren Flugzeugen, die keine Satellitennavigation nutzen, derzeit nicht verzichtet werden.⁴

Die Dimensionierung der Anlagenschutzbereiche von Drehfunkfeuern erfolgt gemäß der europäischen Leitlinie der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (International Civil Aviation Organization, ICAO) zum Umgang mit Anlagenschutzbereichen, ICAO EUR DOC 015⁵. Die Leitlinie empfiehlt für konventionelle Drehfunkfeuer (CVOR) einen Anlagenschutzbereich mit einem Radius von 15 km und für Doppler-Drehfunkfeuer (DVOR) einen von 10 km. Die Anlagenschutzbereiche können aufgrund von Topografie- und Umwelteinschränkungen oder aufgrund bereits eingeschränkter Leistungsfähigkeit der Anlage geändert werden.⁶

Einen aktuellen Stand der Wissenschaft zur Thematik „Windenergie und Drehfunkfeuer“ und der sich ergebenden Perspektiven beschreibt eine Veröffentlichung der Technischen Universität Braunschweig.⁷

Die vorliegende Arbeit gibt einen Einblick in die bisher durchgeföhrten Untersuchungen zur Bewertung des Anlagenschutzbereichs von Radarfunkanlagen der Flugsicherung.

4 Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) (2022). „Flugsicherung und Windenergie“, https://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Flugsicherung/Umwelt/Windkraft/

Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) (2021). „BMW und DFS unterstützen den Ausbau der Windkraft“, „https://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Presse/Pressemitteilungen/2021/11.06.2021.-%20BMW%20und%20DFS%20unterst%C3%BCtzen%20den%20Ausbau%20der%20Windkraft/

Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) (2020). „Navigation der Zukunft beginnt im Norden“, „https://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Presse/Pressemitteilungen/2020/23.06.2020.-%20Navigation%20der%20Zukunft%20beginnt%20im%20Norden/

Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (2019). Drs 19/12410, „Abstandsregelungen von Drehfunkfeuern für Windenergieanlagen“, <http://dip21.bundestag.btg/dip21/btd/19/124/1912410.pdf>

5 International Civil Aviation Organization (ICAO) (2015). EUR DOC 015 Third Edition „European Guidance Material on Managing building restricted areas“, <https://www.icao.int/EURNAT/EUR%20and%20NAT%20Documents/EUR%20Documents/EUR%20Documents/015%20-%20Building%20Restricted%20Areas/ICAO%20EUR%20Doc%20015%20Third%20Edition%20Nov2015.pdf#search=EUR%20DOC%20015%20Third%20Edition%20%20E2%80%9EEuropean%20Guidance%20Material%20on%20Managing%20building%20restricted%20areas%20E2%80%9D>

6 Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (2019). Drs 19/12410, „Abstandsregelungen von Drehfunkfeuern für Windenergieanlagen“, <http://dip21.bundestag.btg/dip21/btd/19/124/1912410.pdf>

7 Josipovic, N., Universität Braunschweig, Koordinierungsstelle Windenergierecht (2020). „Windenergie und Drehfunkfeuer“, BWV, Berliner Wissenschafts-Verlag GmbH, Berlin

2. Störungen von Radaranlagen durch Bauwerke

Die von der Deutschen Flugsicherung zur Flugverkehrssteuerung (DFS) betriebenen Funk-, Ortungs- und Navigationsanlagen können unter Umständen durch Bauwerke beeinträchtigt werden. Die von Ihnen abgestrahlten Signale können abgeschattet oder abgelenkt bzw. verfälscht werden. „Bei Radaranlagen kann es durch die mehrfache Ablenkung der abgestrahlten Signale zu einer Anzeige falscher Flugziele kommen oder die abgestrahlten Signale können abgeschattet werden, so dass ein bestimmter Luftraum nicht mehr einsehbar ist.“⁸

Terrestrische Funk-Navigationseinrichtungen senden elektromagnetische Wellen (UKW) aus, anhand derer Flugzeugführer ihre Position bestimmen können. Antennen bündeln die elektromagnetischen Wellen in eine Richtung. Durch die Bündelung können die Winkelkoordinaten (Seitenwinkel und Höhenwinkel) bestimmt werden. Der Winkelfehler im Luftraum darf drei Grad nicht übersteigen. Gebäude wie Windenergieanlagen können die Ausbreitung dieser Wellen beeinflussen. Dadurch kann die Funktionsfähigkeit der Drehfunkfeuer gestört werden⁹. Um dies zu vermeiden, werden von der DFS bzw. dem Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) Schutzbereiche um Navigationseinrichtungen empfohlen. Nur nach erfolgter Einzelfallprüfung darf innerhalb dieser Schutzbereiche gebaut werden. Im Laufe des Genehmigungsprozesses neuer Windenergieanlagen (WEA) werden neben Immissions- und Umweltschutzauflagen auch die Anforderungen der elektromagnetischen Verträglichkeit von Windenergieanlagen mit terrestrischen Navigations- und Radaranlagen der Flugsicherung gemäß §18 a Luftverkehrsgesetz geprüft.¹⁰

Insbesondere UKW-Drehfunkfeuer (VHF-Omnidirectional Radio Range, VOR) reagieren empfindlich auf Signale, die von Bauwerken am Boden abgelenkt werden. Nach ICAO-Empfehlungen

8 Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) (2022). „Fragen und Antworten zu Windenergieanlagen und D/VOR-Navigationsanlagen“, https://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Flugsicherung/Umwelt/Windkraft/FAQs%20zu%20Windkraft/

9 Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) (2020). „Windkraft und Flugsicherheit: Neue Prognose-Methode kommt zum Einsatz“, https://www.ptb.de/cms/de/presseaktuelles/journalisten/nachrichten-presseinformationen/presseinfo.html?tx_news_pi1%5Bnews%5D=10314&tx_news_pi1%5Bcontrol-ler%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&tx_news_pi1%5Bday%5D=13&tx_news_pi1%5Bmonth%5D=5&tx_news_pi1%5Byear%5D=2020&cHash=d274e01d1980fd58aa3c13e9782a7fbd

10 Vgl. https://www.gesetze-im-internet.de/luftvg/_18a.html

Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) (2029). „Dossier Anlagenschutz“, https://www.baf.bund.de/DE/Themen/Flugsicherungstechnik/Anlagenschutz/anlagenschutz_dossier.html?cms_docId=563418&cms_notFirst=true

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) (2020). „Windkraft und Flugsicherheit: Neue Prognose-Methode kommt zum Einsatz“, https://www.ptb.de/cms/de/presseaktuelles/journalisten/nachrichten-presseinformationen/presseinfo.html?tx_news_pi1%5Bnews%5D=10314&tx_news_pi1%5Bcontrol-ler%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&tx_news_pi1%5Bday%5D=13&tx_news_pi1%5Bmonth%5D=5&tx_news_pi1%5Byear%5D=2020&cHash=d274e01d1980fd58aa3c13e9782a7fbd

muss für die Funkfeuer selbst ein Winkelfehler von zwei Grad angenommen werden. Die DFS beschreibt die Funktionsweise der Flugnavigation und mögliche Einflüsse wie folgt:

„Eine VOR-Bodennavigationsanlage ist im Grunde genommen die elektrische Lösung eines am Erdboden befindlichen Leuchtturms. Sie sendet ununterbrochen ein drehendes Funksignal sowie ein ungerichtetes Referenzsignal für den magnetischen Nordpol aus, die vom Flugzeug empfangen und ausgewertet werden. Mit Hilfe dieses Verfahrens erhält der Pilot abhängig vom Ort des Flugzeugs eine Richtungsinformation (Radial) zur Navigationsanlage in Bezug auf den magnetischen Nordpol. Sofern das Signal der Navigationsanlage an Hindernissen reflektiert wird, besteht die Möglichkeit, dass dieses reflektierte Signal zusätzlich zu dem auf direktem Wege empfangenen Signal am Flugzeugempfänger eintrifft. Je nach Intensität des ungewünschten reflektierten Signals können dadurch Verfälschungen der Richtungsinformation entstehen (sog. Winkelfehler).“

Aufgrund von zahlreichen Erfahrungen aus der Praxis sowie eigens hierzu durchgeführten wissenschaftlichen Berechnungen wurde im Jahre 2009 der Anlagentzschutzbereich um D(VOR)-Anlagen bezogen auf die Windenergieanlagen von der ICAO (ICAO EUR Doc. 15) von drei auf 15 Kilometer ausgeweitet. Da die Flugsicherungseinrichtungen größtenteils schon vorher in Betrieb waren, ergab sich so ein Problem: Innerhalb des (neuen) 15-Kilometer-Radius standen nunmehr Bauwerke, die u.U. unter der neuen Gesetzeslage nicht genehmigungsfähig gewesen wären. Hinzu kommt, dass vereinzelt ein nach der ICAO zulässiges Störpotential um eine Navigationsanlage bereits erreicht oder sogar überschritten war. Für den ersten Fall bedeutet das, dass ggf. keine oder nur noch sehr wenige zusätzliche Windenergieanlagen errichtet werden können. Für den zweiten Fall bedeutete es, dass die DFS auf die entstandene Störsituation nur noch mit technischen und betrieblichen Einschränkungen in der Nutzung der Navigationsanlagen reagieren konnte. Die betroffenen Anlagen können damit von den Flugzeugführern in bestimmten Luftraumsektoren oder Flugphasen nicht genutzt werden. Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass im Rahmen der (eingeschränkten) Nutzung eine Gefährdung in der Flugverkehrsführung ausbleibt, für die die DFS von Gesetzes wegen Verantwortung trägt.“¹¹

11 Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) (2022). „Flugsicherung und Windenergie“, https://www.dfs.de/dfs_home-page/de/Flugsicherung/Umwelt/Windkraft/

Physikalische Grundlagen siehe auch: <https://www.radartutorial.eu/>

Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) (2022). „Anlagenschutz“, https://www.baf.bund.de/DE/The-men/Flugsicherungstechnik/Anlagenschutz/anlagenschutz_node.html

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) (2020). „Windkraft und Flugsicherheit: Neue Prognose-Methode kommt zum Einsatz“, https://www.ptb.de/cms/de/presseaktuelles/journalisten/nachrichten-presseinformatio-n/presseinfo.html?tx_news_pi1%5Bnews%5D=10314&tx_news_pi1%5Bcontrol-ler%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=de-tail&tx_news_pi1%5Bday%5D=13&tx_news_pi1%5Bmonth%5D=5&tx_news_pi1%5Byear%5D=2020&cHash=d274e01d1980fd58aa3c13e9782a7fb

3. Weiterentwicklung der Berechnungsgrundlagen

Um den Anforderungen der Flugsicherung und der geplanten Flächennutzungen gerecht zu werden, haben Experten Forschungsvorhaben zur Bewertung der Störung von Funksignalanlagen durchgeführt. Die Erfahrungen aus Projektergebnissen sollen helfen, Prognosen für die Wechselwirkung zwischen Drehfunkfeuern und Windenergieanlagen zu erstellen.

Flugvermessungen finden regelmäßig statt, Navigationsgenauigkeitsprüfungen im Allgemeinen im Rahmen von Instandhaltungen oder bei wesentlichen Änderungen der Umgebungsbedingungen.¹² Das methodische Vorgehen ist einheitlich geregelt.¹³

Ein allgemein anerkannter Standard sowie internationale Vorgaben hinsichtlich der Bewertung von möglichen Störungen von Drehfunkfeuern durch Windenergieanlagen existierten lange Zeit nicht.¹⁴ In den vergangenen Jahren erarbeiteten Experten im Rahmen der Verbundprojekte „WERAN“ und „WERAN plus“ die wissenschaftlichen Grundlagen zur Beurteilung der potentiellen Signalveränderungen. Die Experten verglichen ihre Messergebnisse aus drohnenbasierten Vor-Ort-Messungen sowie Messungen mit dem Forschungsflugzeug „Jade One“ mit Ergebnissen der numerischen Vollwellensimulationen. Die Untersuchungen sollten die Signalveränderungen durch Windenergieanlagen im Übertragungskanal messtechnisch und mittels Simulationen bestimmen.¹⁵

12 Josipovic, N., Universität Braunschweig, Koordinierungsstelle Windenergierecht (2020). „Windenergie und Drehfunkfeuer“, BWV, Berliner Wissenschafts-Verlag GmbH

13 ICAO Doc 8071, Vol. I, [http://icscc.org.cn/upload/file/20190102/Doc.8071-EN%20Manual%20on%20Testing%20of%20Radio%20Navigation%20Aids%20Volume%20I%20-%20Testing%20of%20Ground-based%20Radio%20Navigation%20Systems%20\(Disclaimer\).pdf](http://icscc.org.cn/upload/file/20190102/Doc.8071-EN%20Manual%20on%20Testing%20of%20Radio%20Navigation%20Aids%20Volume%20I%20-%20Testing%20of%20Ground-based%20Radio%20Navigation%20Systems%20(Disclaimer).pdf)

Josipovic, N., Universität Braunschweig, Koordinierungsstelle Windenergierecht (2020). „Windenergie und Drehfunkfeuer“, BWV, Berliner Wissenschafts-Verlag GmbH, Berlin, Kapitel II, a) Vermessungsmethoden, Seite 13

14 Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (2019). Drs 19/12410, „Abstandsregelungen von Drehfunkfeuern für Windenergieanlagen“, <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/124/1912410.pdf>

15 Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) (2019). Abschlussbericht WERAN Projekts, https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung_2/2.2_hochfrequenz_und_felder/2.21/2019-06-13_WERAN_Abschlussbericht.pdf

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) (2019). Vortrag „Projekt WERAN plus - Stand der Forschung“ https://www.ptb.de/cms/fileadmin/_migrated/user_upload/2019-12-19_WERAN_plus_Stand_der_Forschung.pdf

Die Projektergebnisse wurden auf der Tagung „Specialist Meeting on Electromagnetic Waves and Wind Turbines“ im Dezember 2019 in Toulouse dem internationalen Fachpublikum vorgestellt.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) (2020). „Benchmark_Catalogue_WERAN_plus_Intercomparison“, https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung_2/2.2_hochfrequenz_und_felder/2.21/2020-04-08_Benchmark_catalogue_WERAN_plus_intercomparison.pdf

Auf dieser Grundlage wurde die von der DFS entwickelte Berechnungsformel zur Berechnung von Störungen durch Windkraftanlagen in Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) und der Universität Hannover weiterentwickelt und angepasst.¹⁶ Die im Rahmen dieser Projekte durchgeföhrten Messungen und Berechnungen der Experten können den durch Windenergieanlagen verursachten Winkelfehler auch für große Szenarien mit zahlreichen Windenergieanlagen simulieren.¹⁷

Weitere wissenschaftliche Studien untersuchten ebenfalls mögliche Einflüsse von Windenergieanlagen auf Drehfunkfeuer. Diese Forschungsvorhaben verwendeten empirische und numerische Methoden und werden in Flugvermessungen und Prognosemethoden unterschieden. Flugvermessungskampagnen unternahmen die Airbus Defence and Space GmbH mit der Universität Braunschweig 2016, das Institut für Elektromagnetische Verträglichkeit der TU Braunschweig 2017, die Flight Calibration Service GmbH in 2014 und 2015 und die ENAC (École nationale de l'aviation civile) ebenfalls 2017. Die Ergebnisse der Studien zeigen, dass „die Wahrscheinlichkeit, in Flugvermessungen Einflüsse von Windenergieanlagen auf Winkelfehler festzustellen, gering ist.“¹⁸ Das liegt nach Analysen von Experten daran, dass „im Regelfall Objekte im unmittelbaren Umfeld zum Drehfunkfeuer, stark variierende Geländeformen oder Einflüsse im Zusammenhang mit dem Luftfahrzeug und dem VOR-Empfänger deutlich überwiegen.“¹⁹ Nach Aussage der Experten

16 Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) (2019). „Projekt WERAN plus - Stand der Forschung“, https://www.ptb.de/cms/fileadmin/_migrated/user_upload/2019-12-19_WERAN_plus_Stand_der_Forschung_.pdf

Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (2019). Drs 19/12410, „Abstandsregelungen von Drehfunkfeuern für Windenergieanlagen“, <http://dip21.bundestag.btg/dip21/btd/19/124/1912410.pdf>

Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) (2019). „Windkraft und Flugsicherung – DFS und BAF nutzen die Ergebnisse aus dem WERAN-Projekt“, https://www.baf.bund.de/DE/Themen/Flugsicherungstechnik/Anlagen_schutz/WERANplus_Ringvergleich.html;jsessionid=16155EBA5DDDF9A62D8B9C1EBE83AC38.live21301

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) BMWI (2018). Abschlussbericht „WERAN - Wechselwirkung Windenergieanlagen und Radar/Navigation“, https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung_2/2.2_hochfrequenz_und_felder/2.21/2019-06-13_WERAN_Abschlussbericht.pdf

17 Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) (2020). „Windkraft und Flugsicherheit: Neue Prognose-Methode kommt zum Einsatz“, https://www.ptb.de/cms/de/presseaktuelles/journalisten/nachrichten-presseinformationen/presseinfo.html?tx_news_pi1%5Bnews%5D=10314&tx_news_pi1%5Bcontrol ler%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&tx_news_pi1%5Bday%5D=13&tx_news_pi1%5Bmonth%5D=5&tx_news_pi1%5Byear%5D=2020&cHash=d274e01d1980fd58aa3c13e9782a7fbd

18 Josipovic, N., Universität Braunschweig, Koordinierungsstelle Windenergierecht (2020). „Windenergie und Drehfunkfeuer“, BWV, Berliner Wissenschafts-Verlag GmbH, Kapitel II, Seite 13, 21

Douvenot, R. et al. (2017). „Probabilistic VOR error due to several scatterers - Application to wind farms“, <https://hal-enac.archives-ouvertes.fr/hal-01527006/document>

19 Josipovic, N., Universität Braunschweig, Koordinierungsstelle Windenergierecht (2020). „Windenergie und Drehfunkfeuer“, BWV, Berliner Wissenschafts-Verlag GmbH, Kapitel II, Seite 21

können Einflüsse sichtbar werden, wenn Windenergieanlagen entweder sehr nah an der Flugsicherungsanlage stehen, wenn das Luftfahrzeug die Windenergieanlage unmittelbar überfliegt oder wenn - sehr unwahrscheinlich - eine phasengleiche Überlagerung der Signale auftritt.²⁰

Im Rahmen der Entwicklung von Prognosemethoden sollen computerbasierte Berechnungen von Störbeiträgen helfen, die in den Flugvermessungen festgestellten Zusammenhänge nachzustellen. Die Forschungsvorhaben der letzten Jahre haben grundlegende wissenschaftliche Erkenntnisse zur Störungswirkung von Windenergieanlagen auf VOR-Signale und physikalisch korrekte Modellierungen geliefert. Die Experten untersuchten hierfür verschiedene Ansätze. Josipovic hat in seiner Publikation die einzelnen Prognosemethoden ausführlich vorgestellt und diskutiert²¹ und kommt zu dem Schluss, dass trotz offener Forschungsfragen und den Limitationen der einzelnen Methoden, Simulationsprogramme aufgrund ihrer Berücksichtigung elektromagnetischer Wechselwirkungen ein elementares Maß an Validität gewährleisten.²²

Die von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) und der Universität Hannover für die Prognose von Störungen durch Windkraftanlagen auf Drehfunkfeuer des Typs DVOR im Rahmen des Projekts „WERAN“ bzw. „WERAN plus“ neu entwickelte Berechnungsformel wird seit dem 1. Juni 2020 von der DFS im Rahmen der gesetzlich geforderten, gutachterlichen Stellungnahmen angewendet. In ihrer Antwort auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN gibt die Bundesregierung 2020 zu bedenken: „In welchem Umfang die überarbeitete Berechnungsformel zur Verbesserungen bei der Genehmigungsfähigkeit von Windkraftanlagen führt, lässt sich mangels praktischer Erkenntnisse noch nicht beurteilen.“²³

Die Modernisierung der alten terrestrischen Anlagen und die Umstellung der satellitengestützten Navigationstechnik auf Flächennavigation ermöglichen die Genehmigung weiterer Flächennutzung durch Windenergieanlagen. Von der DFS wurden von den im Jahre 2004 vorhandenen

20 Josipovic, N., Universität Braunschweig, Koordinierungsstelle Windenergierecht (2020). „Windenergie und Drehfunkfeuer“, BWV, Berliner Wissenschafts-Verlag GmbH, Kapitel II, Seite 21

21 Josipovic, N., Universität Braunschweig, Koordinierungsstelle Windenergierecht (2020). „Windenergie und Drehfunkfeuer“, BWV, Berliner Wissenschafts-Verlag GmbH, Kapitel II, Seite 21-28

22 Josipovic, N., Universität Braunschweig, Koordinierungsstelle Windenergierecht (2020). „Windenergie und Drehfunkfeuer“, BWV, Berliner Wissenschafts-Verlag GmbH, Kapitel II, Seite 47

Josipovic N., Geise R. „Der modifizierte DFS-Bewertungsansatz für Flugsicherungseinrichtungen (DVOR) - voller Schub für die Windenergie?“, ZUR 2021, 276, <https://beck-online.beck.de/Dokument?vpath=bib-data%2Fzeits%2Fzur%2F2021%2Fcont%2Fzur.2021.276.1.htm&pos=1&hlwords=on&lasthit=True>

23 Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (2020). Drs 19/21061, „Umgesetzte Maßnahmen für mehr Windkraft“, <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/210/1921061.pdf>

Fachagentur Windenergie (2022). „Genehmigungssituation im Umkreis von Drehfunkfeuern“, <https://www.fachagentur-windenergie.de/veroeffentlichungen/drehfunkstandorte/>

70 Drehfunkfeuern bis heute bereits 13 abgebaut. Die DFS plant bis 2030 der Bestand der momentan 57 Anlagen um etwa ein Drittel zu reduzieren. Bis 2025 sollen weitere zehn Anlagen entfallen.²⁴

Durch die neue Berechnungsmethode des Störpotenzials können zukünftig noch mehr Windenergieanlagen in Schutzbereichen von Navigationsanlagen errichtet werden.²⁵

24 Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) (2021). „Immer weniger Funkfeuer weisen Piloten den Weg“, https://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Presse/Pressemitteilungen/2021/16.09.2021.-%20Immer%20weniger%20Funkfeuer%20weisen%20Piloten%20den%20Weg/

25 Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) (2021). „BMW und DFS unterstützen den Ausbau der Windkraft“, https://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Presse/Pressemitteilungen/2021/11.06.2021.-%20BMW%20und%20DFS%20unterst%C3%BCtzen%20den%20Ausbau%20der%20Windkraft/