

NEVEN JOSIPOVIC

# WINDENERGIE UND DREHFUNKFEUER

## STAND DER WISSENSCHAFT UND PERSPEKTIVEN

2., ÜBERARBEITETE UND AKTUALISIERTE AUFLAGE

**K:WER-TEXTE**



**Koordinierungsstelle Windenergierecht**  
Technische Universität Braunschweig

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 2. Auflage .....	7
Einleitung.....	9
I. Umfang der betroffenen Windenergieprojekte.....	11
II. Wissenschaftliche Studien .....	13
1. Flugvermessungen.....	13
a) Vermessungsmethoden.....	13
b) Abriss und Diskussion von Vermessungsergebnissen.....	14
aa) Flugvermessungskampagne Airbus/TU Braunschweig .....	14
bb) Flugvermessung des DVOR Hehlingen.....	15
cc) Flugvermessung des CVOR Boulogne-sur-Mer .....	17
dd) Flugvermessung des DVOR Michaelsdorf .....	19
c) Messungen an skalierten Windparkmodellen.....	19
d) Zwischenfazit.....	21
2. Prognosemethoden.....	21
a) PEPO-Modell (ENAC) .....	21
b) Simulationen im Rahmen von WERAN (Universität Hannover).....	23
c) Simulationsansatz der FCS GmbH .....	24
d) Simulationsansatz der NAVCOM Consult .....	25
e) Simulationsansatz der Ohio University (OUNPPM).....	28
3. Zusammenfassung und Folgerungen .....	28
III. Diskussion von Annahmen der DFS-Bewertungsmethodik.....	30
1. Grundzüge des Bewertungsansatzes .....	30
2. Diskussion des Prognosemodells .....	30
a) Randbedingungen des Modells .....	31
b) Überlagerung von Einflüssen/Residualfehler.....	32
3. Interpretation von § 18a LuftVG.....	33
a) Anwendung der ICAO-Vorgaben.....	34
b) Alternativer Vorschlag zur Anwendung der ICAO-Vorgaben.....	35
c) Widersprüchlichkeit der ICAO-Vorgaben?.....	37

4. Anlagenschutzbereiche .....	38
a. Grundlagen.....	38
b. Diskussion der Anlagenschutzbereiche in Deutschland .....	41
5. Gutachten zur DFS-Methodik.....	42
6. Zwischenergebnis .....	43
IV. Analyse der Akteurskonstellation .....	44
V. Bedeutung von Drehfunkfeuern für die Luftfahrt .....	48
VI. Fazit.....	50
Literaturverzeichnis .....	51

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl an Windenergieanlagen, aufgeschlüsselt nach betroffenem (D)VOR .....	12
Abbildung 2: Winkelfehler auf einem Orbitalflug in 37 km Entfernung und ca. 1,1 km Höhe.....	14
Abbildung 3: Histogramm für den Winkelfehler auf zwei Flügen auf das DVOR zu .....	16
Abbildung 4: Gemessene Winkelfehler auf Radialflügen unter Nutzung des DVOR HLZ .....	16
Abbildung 5: Winkelfehler bei Überfliegung des Windparks Almke .....	17
Abbildung 6: Skizze zu den Flugvermessungen der ENAC.....	17
Abbildung 7: Beispiel für einen Messaufbau im Projekt min-VOR-win .....	20
Abbildung 8: Ergebnis der DFS-Prognoseberechnung für 17 geplante WEA .....	27
Abbildung 9: Überlagerung von Signalkomponenten am Flugzeugempfänger .....	32
Abbildung 10: Anwendung der 95 %-Regel bei (D)VOR nach ICAO Doc 8071 .....	37

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Regionale Verteilung vom Konflikt mit VOR/DVOR betroffener WEA .....	11
Tabelle 2: Vergleich der Ergebnisse der ENAC-Radialflugvermessungen .....	18
Tabelle 3: Kenngrößen der Ergebnisse für das Szenario mit Windenergieanlagen.....	22

## Vorwort zur 2. Auflage

Das Spannungsfeld zwischen Belangen der Flugsicherung und dem Ausbau der Windenergie im Umfeld von Flugsicherungseinrichtungen ist in der zweiten Hälfte des Jahres 2019 aktueller denn je. Die beherrschenden Themen sind nach wie vor der Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse sowie die Verfügbarkeit etablierter Maßstäbe und Methoden. Es geht dabei um die Frage, ob und in welchem Ausmaß Windenergieanlagen die Funksignale von Flugsicherungseinrichtungen der Varianten VOR und DVOR beeinflussen („stören“) können. In der Rechtsprechung hat sich die These etabliert, die Wissenschaft liefere keine ausreichenden Erkenntnisse zur Bewertung möglicher Störungen nach § 18a LuftVG. Innerhalb der wissenschaftlichen Community herrsche sogar ein Streit, der sich darin äußere, dass man sich auf keine Vorgehensweise einigen könne. In dieser Lage sei der Ansatz der zuständigen Flugsicherungsorganisation, der Deutschen Flugsicherung GmbH, vertretbar.

Die 2. Auflage der Arbeit bleibt insofern bei ihrer ursprünglichen Zielsetzung, als verschiedene Forschungsvorhaben zum Störeinfluss von Windenergieanlagen auf VOR-Signale zusammenfassend vorgestellt werden. Sie verfolgt einen überwiegend sekundäranalytischen Ansatz, d. h. zunächst werden Methodik und Ergebnisse ausgewählter wissenschaftlicher Studien dargestellt. Diese werden dann herangezogen, um die Annahmen der sogenannten DFS-Bewertungsmethodik einer kritischen Analyse zu unterziehen.

Der Umfang der Arbeit hat sich im Vergleich zur ersten Auflage erweitert. Die Anzahl an betrachteten Forschungsprojekten hat zugenommen und die Auseinandersetzung mit den Vorgaben der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) hat nun einen höheren Anteil an der Diskussion der Interpretation von § 18a Abs. 1 S. 1 LuftVG. Die Arbeit verzichtet in der zweiten Auflage auf eine dezidierte Auseinandersetzung mit der Rechtsprechung und konzentriert sich stattdessen auf die technischen Aspekte im Zusammenhang mit der Störungsbewertung. Sie hat ihre Funktion erfüllt, wenn sie mit der Thematik befassten Leserinnen und Lesern ein Verständnis der wesentlichen Zusammenhänge vermittelt und ihnen das nötige Wissen zur selbstständigen Bearbeitung von Fragestellungen auf dem Gebiet liefert.

Neven Josipovic  
Braunschweig, Oktober 2019

## Einleitung

Die Anforderung des § 18a Abs. 1 S. 1 LuftVG stellt eine der größten Hürden für den Ausbau der Windenergie an Land dar. Am häufigsten sind Windenergieanlagen im Umfeld sogenannter Drehfunkfeuer betroffen; zum Stand Juli 2019 sind es über 1.000 Windenergieanlagen mit einer kombinierten Gesamtleistung von mehr als 4.000 MW. Bei Drehfunkfeuern handelt es sich um Funknavigationsanlagen, die in der Luftfahrt quasi die Rolle von Leuchttürmen einnehmen und von Luftfahrzeugen zur Bestimmung ihres Standortes verwendet werden. § 18a LuftVG untersagt die Errichtung von Bauwerken, wenn dadurch Flugsicherungseinrichtungen gestört werden können. Seit etwa zehn Jahren diskutieren Wissenschaft und Praxis darüber, wie die Norm zu interpretieren ist. Auch die Rechtsprechung befasste sich auf Verwaltungs-, Oberverwaltungs- und Bundesverwaltungsgerichtsebene mit der Frage, wann die Errichtung von Windenergieanlagen im Umfeld von Drehfunkfeuern zulässig ist. Wie das *Bundesverwaltungsgericht* im April 2016 feststellte, ist ein Störungspotenzial anzunehmen, wenn die Annahmen in der gutachtlichen Stellungnahme der Deutschen Flugsicherung GmbH und der darauf gestützten Entscheidung des Bundesaufsichtsamts für Flugsicherung wissenschaftlichen Ansprüchen genügen. Die Maßgeblichkeit der Möglichkeit der Störung könne nicht davon abhängig sein, ob ein allgemeiner wissenschaftlicher Konsens bestehe. Es müsse ausreichen, dass die entsprechenden Annahmen in der gutachtlichen Stellungnahme durch wissenschaftliche Gegenpositionen in ihren Grundannahmen, ihrer Methodik und ihren Schlussfolgerungen nicht substantiell infrage gestellt werden. Vor dem Hintergrund des Urteils des *Bundesverwaltungsgerichts* wird in Forschungsvorhaben der Einfluss von Windenergieanlagen auf Navigationssignale von Drehfunkfeuern untersucht.

In der Arbeit werden folgende Fragen beantwortet:

- Welche Einflüsse von Windenergieanlagen auf Drehfunkfeuer wurden messtechnisch nachgewiesen?
- Welche Möglichkeiten zur Prognose von Störeinflüssen gibt es?
- Was sind vertretbare Abmessungen für Anlagenschutzbereiche?
- Wie ist die aktuell seitens des Bundesaufsichtsamts für Flugsicherung und der Deutschen Flugsicherung verwendete Methodik zu bewerten?
- Wie wirkt sich die Konstellation der verschiedenen Akteure auf den Konflikt aus?
- Welche Bedeutung haben Drehfunkfeuer aktuell und künftig für die Luftfahrt?

Die Arbeit beginnt mit einer Quantifizierung des Problems. Abschnitt I. stellt auf Grundlage einer Branchenumfrage der FA Wind aus dem Jahr 2019 den Umfang der von Drehfunkfeuern betroffenen Windenergieprojekte vor. In Abschnitt II. werden sekundäranalytisch die Ergebnisse verschiedener Forschungsvorhaben sowie Inhalte wissenschaftlicher Publikationen vorgestellt. Dabei werden die Bereiche Flugvermessungen und Prognosemethoden unterschieden. Im folgenden Abschnitt III. werden die Annahmen, welche der Methodik der DFS und des BAF zur Bewertung des Störpotenzials von Windenergieanlagen zugrunde liegen, einer kritischen Analyse unterzogen. Es gilt zu klären, ob die Annahmen der DFS angesichts der vorgestellten wissenschaftlichen Studien vertretbar sind. Überprüft werden sowohl Annahmen, welche der Interpretation der ICAO-Vorgaben zugrunde liegen, als

auch solche zur Prognose und zur Ausgestaltung von Anlagenschutzbereichen. In Abschnitt IV. wird auf die Akteurskonstellation im Konflikt eingegangen, die sich über die Jahre etabliert hat, und ihr Einfluss auf die Beständigkeit der Problematik untersucht. Da Drehfunkfeuer eine relativ alte Technologie darstellen, erläutert Abschnitt V. ihre aktuelle und künftige Bedeutung für die Navigation in der Luftfahrt. Die Arbeit schließt mit dem Fazit in Abschnitt VI.