



# Funknavigation und Windenergie an Land

Bericht der Bundesregierung an den Bundestag über Maßnahmen zur besseren Vereinbarkeit von Windenergieanlagen an Land und dem Betrieb von Drehfunkfeuern gemäß § 99a Erneuerbare-Energien-Gesetz (2021)

## Zusammenfassung

Im Jahr 2022 hat das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung allen 41 Anträgen zur Errichtung von insgesamt 119 Windenergieanlagen in Anlagenschutzbereichen von Drehfunkfeuern zugestimmt. Das ist das Ergebnis der gemeinsamen erfolgreichen Bemühungen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz und des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr, Windenergie und Funknavigationsanlagen in Einklang zu bringen.

Folgende Maßnahmen sind bereits umgesetzt bzw. beschlossen:

- Die Anlagenschutzbereiche um 36 sog. DVOR-Drehfunkfeuer sind von 15 km auf 7 km mehr als halbiert worden. Bezogen auf die Fläche reduziert sich damit der Anlagenschutzbereich um rund 19.000 km<sup>2</sup> bzw. um rund 75 Prozent.
- Bis 2025 werden acht moderne Drehfunkfeuer störanfällige ältere Drehfunkfeuer ersetzen.
- Bis 2030 werden 19 von aktuell 52 Drehfunkfeuern abgebaut.
- Zum 1. August 2022 wurde die zulässige Störung (technisch: „Winkelfehler“) von 3° auf 3,6° erhöht und das für externe Beeinflussung verfügbare Fehlerbudget um 0,5 ° auf 1,1° erhöht, was die Genehmigungsfähigkeit von Windprojekten innerhalb der nun schon größtenteils verkleinerten Anlagenschutzbereichen sehr deutlich erhöhen wird.
- Seit dem 10. Oktober 2022 wendet die Deutsche Flugsicherung (DFS) eine neue Formel zur Berechnung von Störungen an sogenannten CVOR-Anlagen an, die die Genehmigungsfähigkeit von Windprojekten erhöhen wird.

## 1. Einleitung

### 1.1. Berichtspflicht gemäß EEG

Gemäß § 99a Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2021) legt die Bundesregierung dem Bundestag jährlich jeweils spätestens zum 31. Dezember einen Funknavigationsbericht vor. Der Bericht soll dabei Angaben zum Zeitplan und zum Stand möglicher Maßnahmen zur besseren Vereinbarkeit von Windenergieanlagen an Land und dem Betrieb von Drehfunkfeuern enthalten. Des Weiteren soll der Zeitplan und der Stand der geplanten Umrüstung von Drehfunkfeuern dargestellt werden sowie der Zeitplan und Stand geplanter Außerbetriebnahmen von Drehfunkfeuern. Schließlich sollen im Bericht Maßnahmen zur Beschleunigung der Maßnahmen zur besseren Vereinbarkeit der Windenergienutzung an Land mit der Funknavigation dargestellt werden.

### 1.2. Funknavigationsanlagen und Windenergieanlagen an Land

Funknavigationsanlagen sind Bodenstationen, die über Funksignale Luftfahrzeugen die Navigation ermöglichen. Zu ihnen gehören auch Drehfunkfeuer (eng. Abkürzung „VOR“ für Very High Frequency Omnidirectional Range). In Luftfahrzeugen werden die Signale von Drehfunkfeuern in Empfängern verarbeitet und als Richtungsinformationen zur Verfügung gestellt. Es gibt Anlagen vom Typ Conventional-VOR und Anlagen vom Typ Doppler-VOR (im Folgenden „CVOR“ bzw. „DVOR“). In Deutschland betreibt die Deutsche Flugsicherung (DFS) aktuell 52 Drehfunkfeuer, davon 12 CVOR und 40 DVOR.

Schon heute werden zahlreiche Flugzeuge satellitengestützt navigiert, und in Zukunft soll die satellitengestützte Navigation weiter ausgebaut werden. Die Anzahl der bodengestützten („terrestrischen“) Navigationsanlagen wird deshalb in Zukunft abnehmen, wobei ein Grundgerüst an Drehfunkfeuern auch längerfristig erforderlich sein wird<sup>1</sup>. Terrestrische Navigationsanlagen dienen insbesondere als Ersatz im Falle von Ausfall oder gezielter Störung (Jamming) von Satellitennavigationssystemen.

### 1.3. Schutz vor Störungen von Funknavigationsanlagen durch Windenergieanlagen

Funknavigationsanlagen können durch Hindernisse gestört werden, wenn sich diese in einer gewissen Entfernung von der Funknavigationsanlagen befinden oder dort neu errichtet werden. Windenergieanlagen zählen aufgrund ihrer Abmessungen zu diesen Hindernissen.

Im Rahmen von Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen wird geprüft, ob geplante neue Windenergieanlagen die Funknavigationsanlagen stören können. Die Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) sieht zu diesem Zweck vor, im Umfeld von Funknavigationsanlagen sogenannte Anlagenschutzbereiche einzurichten (vgl. § 18a Luftverkehrsgesetz). Bei Drehfunkfeuern waren die Anlagenschutzbereiche bisher in der Regel Kreise mit einem Radius von 15 km. Seit August 2022 werden die Anlagenschutzbereiche bei DVOR-Anlagen überprüft. Bereits an 36 von 40 DVOR wurden die Radien der Anlagenschutzbereiche auf 7 km verkleinert. Wenn innerhalb der

---

<sup>1</sup> vgl. DVO (EU) 2018/1038 „PBN Implementation Regulation“

Anlagenschutzbereiche Windenergieanlagen geplant werden, so wird untersucht, ob diese Störungen im Funksignal hervorrufen würden, die das zulässige Maß überschreiten würden.

Konkret wird von der DFS als Betreiber der Drehfunkfeuer in einer gutachterlichen Stellungnahme untersucht, ob geplante Windenergieanlagen zu nicht hinnehmbaren Störungen der Funknavigationsanlage führen können. Die DFS leitet diese Stellungnahme dem Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) zu, das u.a. auf dieser Basis eine Entscheidung über die Zulässigkeit der Windenergieanlagen trifft. Das BAF unterrichtet die zuständige Genehmigungsbehörde über die Entscheidung.

## 2. Maßnahmen zur besseren Vereinbarkeit von Windenergieanlagen an Land und dem Betrieb von Drehfunkfeuern

Am 5. April 2022 haben das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) und das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) insgesamt neun Maßnahmen zur Verbesserung der Vereinbarkeit von Drehfunkfeuern mit der Windenergienutzung an Land vereinbart<sup>2</sup>. Eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung und Umsetzung der umfassenden Maßnahmen waren neue und validierte wissenschaftliche Untersuchungen im Rahmen der vom BMWK geförderten Forschungsvorhaben der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) „WERAN“<sup>3</sup> und „WERAN plus“<sup>4</sup>. Die Forschungsvorhaben wurden eng vom BMDV, vom BAF und von der DFS begleitet. Damit konnte erreicht werden, dass die wissenschaftlichen Ergebnisse jeweils auch zeitnah in die bestehenden behördlichen Verfahren und Vorgaben einbezogen werden konnten. Im Folgenden werden die Maßnahmen kurz skizziert.

### 2.1. Verkleinerung der Anlagenschutzbereiche um DVOR

Im Koalitionsvertrag für die 20. Legislaturperiode wurde die Verkleinerung der Anlagenschutzbereiche um Funknavigationsanlagen vereinbart. Bei Drehfunkfeuern waren die Anlagenschutzbereiche bisher in der Regel Kreise mit einem Radius von 15 km. Die Bereiche definieren einen Raum, in dem geplante Windenergieanlagen im Rahmen von Genehmigungsverfahren auf potenzielle Störungen von Funknavigationsanlagen hin geprüft werden müssen. Die PTB hat wissenschaftliche Erkenntnisse und Empfehlungen mit dem „Bericht zur Wechselwirkung von Windenergieanlagen mit terrestrischer Navigation/Drehfunkfeuern Erkenntnisse und Empfehlungen aus dem Forschungsvorhaben „WERAN“ und „WERAN plus“ vorgelegt<sup>5</sup> und schlägt eine

---

<sup>2</sup> „Gemeinsam für die Energiewende: Wie Windenergie an Land und Belange von Funknavigationsanlagen und Wetterradaren miteinander vereinbart werden“:

[https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/gemeinsam-fuer-die-energiewende.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8?](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/gemeinsam-fuer-die-energiewende.pdf?__blob=publicationFile&v=8?) Gemeinsam für die Energiewende: Wie Windenergie an Land und Belange von Funknavigationsanlagen und Wetterradaren miteinander vereinbart werden)

<sup>3</sup> Verbundvorhaben WERAN - Wechselwirkung Windenergieanlagen mit terrestrischer Navigation und Radar, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages (FKZ 0325644A-D)

<sup>4</sup> Verbundvorhaben WERAN plus - Wechselwirkung Windenergieanlagen und terrestrische Navigation/Radar plus, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages (FKZ 0324252A-D)

<sup>5</sup> T. Schrader et al., Bericht zur Wechselwirkung von Windenergieanlagen mit terrestrischer Navigation/Drehfunkfeuern - Erkenntnisse und Empfehlungen aus den Forschungsvorhaben WERAN und

Verkleinerung auf 6 bis 7 km vor. Eine Verringerung des Prüfradius auf 6 km erscheint aus technischer Sicht mit vertretbaren Auswirkungen machbar, wird von wissenschaftlicher Seite aber nur bedingt empfohlen. Eine Verkleinerung der Schutzbereiche an CVOR wird nicht angestrebt, weil diese anfälliger gegenüber Störungen durch Bauwerke sind und deren Anzahl aufgrund der geplanten Umrüstungen und vorgesehenen Stilllegungen in naher Zukunft weiter deutlich abnehmen wird.

Seit August 2022 wird nun auf Basis des genannten Berichts der PTB die Verkleinerung der Anlagenschutzbereiche bei DVOR konkret geprüft und umgesetzt. Mit Stichtag 24. November 2022 wurden bisher 36 von insgesamt 40 DVOR-Anlagenschutzbereiche von 15 auf 7 km Radius reduziert. Insgesamt sind damit die betroffenen Anlagenschutzbereiche um eine Fläche von 19.000 km<sup>2</sup> reduziert worden. Nach Analyse der vorliegenden Daten waren vor der Reduzierung der Anlagenschutzbereiche etwa 118 km<sup>2</sup> der ausgewiesenen Flächen für die Windenergie von DVOR-Anlagenschutzbereichen überlagert. Mit Verkleinerung der 36 Anlagenschutzbereiche reduziert sich diese Überdeckung um etwa 101 km<sup>2</sup> bzw. um rund 85 %. Bis Ende des Jahres 2022 soll die Überprüfung zur Verkleinerung der Anlagenschutzbereiche der verbleibenden vier DVOR abgeschlossen sein.

## 2.2. Außerbetriebnahmen von Drehfunkfeuern

Gemäß DVO (EU) 2018/1048 sollen auch in Deutschland die An- und Abflugverfahren bis zum Jahr 2030 von einer primär terrestrisch- auf eine primär satellitengestützte Navigation (GNSS – Global Navigation Satellite System) umgestellt werden. Nach der Umstellung werden bodengestützte Funknavigationsanlagen nur noch in einer reduzierten Anzahl als Redundanz bei Ausfall von GNSS sowie für die Führung von vereinzelt nicht GNSS-ausgestatteten Luftfahrzeugen erforderlich sein. Wenn Funknavigationsanlagen stillgelegt werden, können neue Flächen<sup>6</sup> für die Windenergienutzung an Land bereitgestellt werden. Durch diese Veränderungen können mittel- bis langfristig vergleichsweise umfangreiche Flächen ohne Prüfung nach § 18a Luftverkehrsgesetz von der Windenergie genutzt werden. Im Jahr 2004 wurden noch 70 Drehfunkfeuer betrieben. Bis zum Jahr 2020 wurden bereits 13 Standorte stillgelegt. Im Jahr 2021 konnten nun weitere vier Standorte (Bayreuth, Würzburg, Nattenheim, Tegel) stillgelegt werden. Derzeit werden noch 52 Anlagen betrieben. Nach den aktuellen Planungen werden bis 2025 folgende Anlagen<sup>7</sup> stillgelegt:

Standort	geplante Außerbetriebnahme
Erlangen	2022
Rügen, Trent	2022
Roding	2022
Luburg	2023
Frankfurt am Main, Charlie	2023
Gedern	2023

---

WERAN plus, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), 22.03.2022,  
<https://doi.org/10.7795/120.20220401>

<sup>6</sup> Die Angaben über die Größe der ausgewiesenen Flächen für die Windenergienutzung, die sich mit Anlagenschutzbereichen von DVOR-Anlagen überschneiden, sind Bruttoangaben ohne Puffer für etwaige nicht nutzbare Anteile aufgrund planungsrechtlicher Vorgaben.

<sup>7</sup> Zusätzlich erfolgt die Außerbetriebnahme der DVOR Ried (2023), die durch die bereits errichtete DVOR Frankenstein ersetzt wurde.

Standort	geplante Außerbetriebnahme
Frankfurt am Main, Metro	2024
Cola (südwestlich Flughafen Köln/Bonn)	2024
Fürstenwalde	2025
Magdeburg	2025

Zwischen 2025 und 2030 sollen voraussichtlich weitere neun Drehfunkfeuer stillgelegt werden. Bis 2030 werden also nach aktueller Planung in der Summe 19 Drehfunkfeuer außer Betrieb genommen. Perspektivisch plant die DFS einen Betrieb von 30 bis 35 Drehfunkfeuern, um den Vorgaben aus DVO (EU) 2018/1048 gerecht werden zu können. Eine weitere Reduktion bis 2032 ist ggf. mit fortschreitender Planung zum VOR-Minimum Operational Network möglich (DVO (EU) 2018/1048). Bis Mitte 2023 wird die Bundesregierung prüfen, ob und durch welche Maßnahmen der bisher vorgesehene Zeitplan zum Rückbau von Funknavigationsanlagen zum Beispiel durch verstärkten Einsatz von geeignetem Personal beschleunigt werden kann.

### 2.3. Umrüstungen von Drehfunkfeuern zur Verringerung der Störwirkung von Windenergieanlagen

Die Funktion von CVOR (Funknavigationsanlagen konventioneller Bauart) kann durch Windenergieanlagen deutlich stärker gestört werden als die von DVOR. Der Bau und Betrieb von Windenergieanlagen kann daher in den umgebenden Anlagenschutzbereichen von CVOR häufig nicht mehr genehmigt werden. Das BMWK fördert vor diesem Hintergrund die Umrüstung von acht bestehenden CVOR zu DVOR. Die Umrüstung von CVOR- zu DVOR-Anlagen kann nach heutiger Einschätzung des BMWK zusätzliche Genehmigungen im Umfang von etwa 700 MW installierter Leistung von Windenergieanlagen an Land ermöglichen. Die Umrüstung der acht Funknavigationsanlagen hat bereits im Jahr 2021 begonnen und soll bis zum Jahr 2025 abgeschlossen werden. Die Umrüstung war bzw. ist derzeit in der folgenden Reihenfolge vorgesehen, wobei der Umrüstung eine Prüfung auf betriebliche Notwendigkeit vorausgeht, die bestenfalls in einem Rückbau des Drehfunkfeuers bzw. einen Ersatz durch eine weniger störanfällige Entfernungsmesseinrichtung mündet:

Standort	ursprünglich geplante Fertigstellung	aktuell geplante Fertigstellung
Nürnberg	2021	abgeschlossen
Köln/Bonn	2022	2023
Düsseldorf	2022	2023
Frankfurt am Main, Charlie	2023	2023*
Nienburg	2023	2023
Frankfurt am Main, Metro	2024	2024*
Rügen, Trent	2024	2024*
Magdeburg	2025	2025*

\* Datum der CVOR-Außerbetriebnahme

Die Arbeiten am Standort Nürnberg sind abgeschlossen. Die Fertigstellung an den Standorten Köln/Bonn und Düsseldorf verschieben sich nach aktueller Einschätzung auf die zweite Jahreshälfte 2023. Ebenfalls im Jahr 2023 wird die CVOR Nienburg in eine DVOR umgerüstet werden. An den Standorten Frankfurt am Main (Charlie), Frankfurt am Main (Metro), Rügen und Magdeburg wird die jeweilige CVOR nach aktueller Abschätzung rückgebaut und stattdessen fortan am gleichen Standort ein DME (Distance Measuring Equipment) betrieben werden. Der Anlagenschutzbereich ist bei DME-Anlagen deutlich kleiner als bei Drehfunkfeuern.

#### 2.4. Anhebung der Stöbergrenze bei Funknavigationsanlagen

Windenergieanlagen können Funksignale von Funknavigationsanlagen stören und in der Folge auch die Genauigkeit der daraus abgeleiteten Richtungsinformation beeinflussen. Diese Beeinflussung der Richtungsinformation wird „Winkelfehler“ genannt und in Grad angegeben. Windenergieanlagen werden aktuell dann nicht zugelassen, wenn ihr Störbeitrag so hoch ist, dass der gesamte Winkelfehler an der Funknavigationsanlage bei mehr als 3° liegen würde. Das BMDV und die DFS konnten nach einer Prüfung nun festhalten, dass die Obergrenze von 3° auf 3,6° erhöht werden kann, ohne die sichere Abwicklung des Luftverkehrs zu gefährden. Die neue Stöbergrenze wird seit dem 1. August 2022 im Rahmen von Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen an Land angewendet und dürfte sich sehr positiv auf die Zustimmungsfähigkeit von Windenergieanlagen im Anlagenschutzbereich von CVOR- und DVOR-Anlagen auswirken.

#### 2.5. Geringere Systemtoleranz (Monitorfehler, Anlagenfehler)

Die Signale von Drehfunkfeuern sind mit einem „Eigenfehler“ behaftet. Aktuell wird im Rahmen der Berechnung von potenziellen Störungen durch geplante Windenergieanlagen hierfür ein systematischer Winkelfehler von 2° angesetzt. Als der maximal zulässige Winkelfehler bzw. die Stöbergrenze noch bei 3° lag, verblieb für Störungen durch neu zu errichtende Windenergieanlagen nur noch ein „Fehlerbudget“ in Höhe von 1°. Eine Analyse der DFS hat nun ergeben, dass der Eigenfehler bei DVOR in einem ersten Schritt von 2° auf 1,5° reduziert werden kann. Die Reduzierung wird seit dem 1. August 2022 bei Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen angewendet. Inwiefern der Eigenfehler noch weiter reduziert werden kann, ist in einem weiteren Prüfprozess inklusive einer Kosten-/Nutzenanalyse mittelfristig zu entscheiden. Zusammen mit der Anhebung der Stöbergrenze um 0,6° (vgl. Kap. 2.4) und der Reduzierung des Anlagenfehlers um 0,5° erhöht sich das Fehlerbudget insgesamt also bei DVOR von 1,0° um 1,1° auf 2,1° (CVOR: von 1,0° um 0,6° auf 1,6°). Diese Maßnahmen dürften nach Einschätzung der Bundesregierung die Wahrscheinlichkeit der Zustimmungsfähigkeit von Windenergieanlagen im Anlagenschutzbereich von Drehfunkfeuern deutlich erhöhen.

#### 2.6. Neue Methode zu Bestimmung der Vorbelastung

Neben geplanten Windenergieanlagen müssen auch die Topographie und bereits bestehende Hindernisse und Bauwerke in die Berechnung von Störungen einfließen. Diese Vorbelastung ist messtechnisch zu ermitteln. Die Forschungsvorhaben „WERAN“ und

„WERAN plus“ der PTB haben mittels umfangreicher Messkampagnen ermittelt, dass die zurzeit für die Bestimmung der Vorbelastung verwendete Kreisflugmethode für die Beurteilung von Windenergieanlagen-induzierten Störungen ungeeignet ist. Das BMWK finanziert daher seit 01.10.2022 die Erweiterung des Forschungsvorhabens „WERAN plus“, um der PTB die Erarbeitung einer alternativen Messmethode zu ermöglichen. Die PTB plant, im 3. Quartal 2023 erste Ergebnisse vorzulegen. Darauf aufbauend kann die DFS gemeinsam mit der Flight Calibration Services GmbH an einer praktisch im Flugsicherungsbetrieb umsetzbaren Methode zur Bestimmung der Vorbelastung arbeiten. Aufgrund der mehrstufigen Vorgehensweise und der mit der Umsetzung der neuen Methode erforderlichen Einrüstung von Luftfahrzeugen mit neuer Flugvermessungstechnik ist eine Prognose für die Umsetzung aktuell noch nicht möglich. Die DFS wendet deshalb in Abstimmung mit der PTB als Interimslösung ein geändertes Verfahren zur Bestimmung der Vorbelastung an, das nicht mehr auf Kreisflügen basiert.

## 2.7. Ausschluss von Drehfunkfeuern für die Flächennavigation

Die Anzahl an Luftfahrzeugen, die aufgrund ihrer Ausrüstung als einzige Möglichkeit zur Flächennavigation nur auf Drehfunkfeuer zurückgreifen können, ist seit Jahren rückläufig. Die DFS und das BMDV prüfen bis Ende 2022 Konzepte, wie man diesen Verkehr mit alternativen Mitteln abwickeln könnte. Falls ein Konzept erarbeitet werden kann, welches grundsätzlich betrieblich möglich ist, muss es vor der Umsetzung einer umfangreichen Sicherheitsbewertung unterzogen werden.

## 2.8. Neue Formel zur Berechnung von Störungen an CVOR-Anlagen

Die PTB hat im Rahmen des vom BMWK geförderten Forschungsvorhabens „WERAN plus“ eine verbesserte Berechnungsformel für Störungen von DVOR-Anlagen entwickelt, die seit Mitte 2020 durch die DFS angewendet wird. Unter Anwendung der überarbeiteten Berechnungsformel konnte von 122 vorgelegten Anträgen mit 448 Windenergieanlagen der Errichtung von 429 Anlagen nach § 18a LuftVG zugestimmt werden. Auch für CVOR-Anlagen hat die PTB nun im Rahmen des genannten Forschungsvorhabens eine neue Formel zur Berechnung von Störungen entwickelt, die die Genehmigungsfähigkeit für geplante Windprojekte im Umfeld von CVOR-Anlagen erhöhen dürfte. Die DFS wendet die überarbeitete Berechnungsformel für CVOR-Anlagen seit dem 10. Oktober 2022 im Rahmen der Beteiligung an Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen an, die im Anlagenschutzbereich von CVOR-Anlagen errichtet werden sollen. Die Immissionsschutzbehörden werden seit der Einführung der neuen Formel durch das BAF über die Änderungen der Berechnungsformel informiert und um Rückmeldung gebeten, inwiefern vormals abgelehnte und aktuell noch nicht rechtskräftig abgeschlossene Windenergieprojekte mit der nun neu eingeführten Formel erneut bewertet werden sollen.

## 2.9. Beschleunigte Vorgangsbearbeitung in der DFS

Durch erhöhte Automatisierung wird die Bearbeitungsdauer im Anlagenschutz der DFS verkürzt werden können. Für eine darüber hinausgehende Kapazitätssteigerung wäre ein

Personalaufwuchs erforderlich. Erste Automatisierungsmaßnahmen zeigen bereits positive Wirkung.

### 3. Fazit und Ausblick

Durch die Weiterentwicklung der Formel zur Berechnung von Störungen von Windenergieanlagen an DVOR-Anlagen, die bereits Mitte 2020 umgesetzt werden konnte, wurde eine wesentliche Verbesserung der Vereinbarkeit von Windenergie und Funknavigationsanlagen erreicht. Am 5. April 2022 wurde die Umsetzung weiterer umfassender Maßnahmen zwischen dem BMDV und dem BMWK vereinbart. Erste wesentliche Maßnahmen konnten bereits umgesetzt werden und finden in der Praxis bereits Anwendung. Im Jahr 2022 wurden 41 Anträge zur Errichtung von insgesamt 119 Windenergieanlagen in Anlagenschutzbereichen von UKW-Drehfunkfeuern nach § 18a LuftVG beschieden, hierbei konnte der Errichtung aller 119 Windenergieanlagen zugestimmt werden. Damit konnte für 100% der vorgelegten Genehmigungsanträge nach § 18a LuftVG die Zustimmung erteilt werden. Weitere Ansätze zur Verbesserung der Koexistenz von Funknavigationsanlagen und Windenergienutzung werden in den kommenden Monaten und Jahren entwickelt und umgesetzt. Die intensive Zusammenarbeit der zuständigen Luftfahrtbehörden und Flugsicherungsorganisationen und die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den Herausforderungen im Rahmen der Forschungsvorhaben der PTB war dabei eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung und Umsetzung des umfassenden Maßnahmenkatalogs.