



Windenergieanlagen und ein Drehfunkfeuer ergänzen den Miniaturflugplatz in Braunschweig.  
 © TU Braunschweig

## Jets in Windparknähe sicher navigieren

Bisher sind Windenergieanlagen im Umkreis von Funkfeuern und Radaranlagen der Luftfahrt-Navigation schwierig oder gar nicht möglich. Dies blockiert geeignete Standorte. In welchem Ausmaß Rotoren Signale ablenken oder verändern, ist bisher wissenschaftlich nicht hinreichend untersucht. Zwei Forschungsteams in Braunschweig arbeiten in getrennten Projekten an diesen grundlegenden Daten.



Mithilfe eines sogenannten Oktokopters (im Bild) kann das miniaturisierte Messsystem für Radaranlagen durch Windparks fliegen und an beliebigen Punkten im Raum Messungen durchführen.  
 © PTB

Bei jeder Genehmigung von neuen Windenergieanlagen (WEA) ist auch ein etwaiger Einfluss auf die Sicherheit des Flugverkehrs ein Thema. An diesem Faktor sind in der Vergangenheit viele Planungen in Deutschland gescheitert. In den meisten Fällen geht es um die 15-Kilometer-Schutzzone im Umkreis der ca. 60 UKW-Drehfunkfeuer der zivilen und militärischen Luftfahrt, die über ganz Deutschland verteilt stehen. In diesen Zonen ist die Errichtung von WEA meistens nicht möglich bzw. nach intensiver Prüfung gibt es Genehmigungen für einzelne

Anlagen. Ein zweites Thema sind die Auswirkungen der WEA auf Radaranlagen der zivilen und militärischen Luftfahrt sowie der Wetterdienste. Nun gehen zwei Forscherteams in Braunschweig diesen Fragen nach: Wissenschaftler der Technischen Universität Braunschweig ergänzen einen im Maßstab 1:144 gebauten Modellflughafen um Modelle von WEA und ein Funkfeuer. Sie können so in dieser verkleinerten Testumgebung mit geringem Aufwand eine Vielzahl charakteristischer Situationen zwischen Funkfeuer und Windrotoren messen. Die Arbeiten im „min-VOR-win“ genannten Projekt starten derzeit.

Im zweiten Projekt WERAN erforschen Mitarbeiter der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) seit 2013 die Wechselwirkungen zwischen terrestrischen Navigations- und Radaranlagen sowie WEA. Die Forscher haben gemeinsam mit der FCS Flight Calibration GmbH ein Messsystem entwickelt, das mithilfe eines Hubschraubers und in miniaturisierter Form mit einem Oktokopter systematische Messungen in Windparks ermöglicht.

Bisher fehlen für die Beurteilung der tatsächlichen Störungen der Funkfeuer Untersuchungen des kausalen Zusammenhangs zwischen verschiedenen Anordnungen und Betriebszuständen von Windenergieanlagen, wie z. B. Geometrie der Rotoren und Drehzahl, und der jeweiligen Signalabweichung. Auch die Festlegung des Radius der Schutz zonen auf 15 Kilometer wird überprüft. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie fördert beide

Projekte.

### **Am Miniaturflughafen messen**

Im Projekt min-VOR-win werden an einem miniaturisierten Flughafen die Interaktionen zwischen Funkfeuer und WEA systematisch untersucht. Robert Geise, Projektleiter an der TU Braunschweig, erläutert die Vorteile dieses Ansatzes: „Wir können am Modell, so wie es die systematischen Messungen erfordern, problemlos Windenergieanlagen dazu- oder wegnehmen, Flugzeuge beliebig oft aus einer bestimmten Richtung anfliegen und den Wind aus der gewünschten Richtung wehen lassen. Das ist in der Realität nicht möglich oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand zu erreichen.“ Damit lassen sich in anfliegenden Flugzeugmodellen die Winkelfehler messen und auf die unterschiedlichen Zustände der WEA beziehen. Die Versuche beginnen mit Einzelanlagen und dann folgen Windparks. Damit werden Verträglichkeitsanalysen für geplante Windparks und Repowering-Maßnahmen bereits in der Planungsphase möglich. Ziel der Untersuchungen ist, kritische Konstellationen zu identifizieren und nur diese im Rahmen von aufwendigen Flugvermessungen zu verifizieren.

### **Drehfunkfeuer und Flugzeugnavigation**

Flugzeuge navigieren heute in der Praxis meistens mittels Satelliten-Navigation, zum Beispiel GPS, obwohl diese keine Pflichtinstrumente sind. Verpflichtend ist eine Empfangsanlage für die seit 80 Jahren bewährten Drehfunkfeuer, die als sicheres, redundantes Navigationssystem nach wie vor in Betrieb sind. International ist eine Abweichung des Signals durch technische Fehler und Reflektionen an Hindernissen von maximal drei Grad empfohlen. Der Bundesverband Windenergie hat durch eine Umfrage 2013 ermittelt, dass in Deutschland rund 1.700 Megawatt möglicher WEA durch die Schutzzonen rund um Drehfunkfeuer verhindert werden.

### **Oktokopter im Windpark**

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) entwickelt mit Partnern im Projekt WERAN ein neues Messsystem, um mit hoher Datenqualität Beeinträchtigungen von terrestrischen Navigationsanlagen und von Radarsignalen durch Windenergieanlagen zu ermitteln. Ein dafür neu entwickeltes Antennen- und Empfangssystem misst elektromagnetische Feldstärken und speichert zeitsynchron Messdaten und GPS-Daten mit sehr hoher Abtastrate.

Die Messungen erfolgen an realen Anlagen durch Flüge in Windparks sowie in Gelände ohne WEA. Die Ergebnisse fließen auch in die Anforderungen der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation ein. Das Messsystem besteht aus einer Box, die unter einen Hubschrauber gehängt werden kann. Eine verkleinerte Form des Systems für Flüge mit einer automatisch fliegenden Messplattform – Oktokopter genannt – mit Präzisionsnavigation befindet sich kurz vor der Fertigstellung. Erste Testflüge verliefen erfolgreich. Dr. Thorsten Schrader, Projektleiter bei der PTB, betont die Vorteile des neuen Systems: „Mit den kleinen Fluggeräten können präzise Messungen kostengünstig in bestehenden und geplanten Windparks erfolgen, also insbesondere auch an realen Anlagen. Wir erfassen erstmalig Daten zur Feldstärke und zu Signalveränderungen an jedem beliebigen Punkt im Raum mit langer Beobachtungszeit. Das erfolgt eben on-site, direkt dort, wo es zählt.“

### **Grundlegende Bewertungsmethoden**

In WERAN wurden erstmals die einzelnen Signalkomponenten von Drehfunkfeuern (VOR) getrennt voneinander im Luftraum gemessen. Eine systematische Betrachtung möglicher Fehlerquellen des Gesamtsystems VOR bis zum Flugzeugcockpit zeigt, dass möglicherweise ganz andere Faktoren als weiter entfernte Windenergieanlage die sichere Funktionalität von VOR bestimmen. Numerische Simulationen beim Projektpartner Universität Hannover ermöglichen, ein umfassendes Verständnis für den Übertragungskanal der VOR bzw. Radaranlagen zu erhalten. „Durch die parallele Messung und numerische Simulation erhält man eine grundlegende Bewertungsmethode, die auch die Belange der Luftfahrt sicherstellt“, erklärt Schrader.

WEA können neben den terrestrischen Navigationsanlagen auch die Signale von Radarstationen streuen. Werden neue Windenergieanlagen im Umfeld von Radaranlagen geplant, besteht bisher nur die Möglichkeit, die Störeffekte mit Simulationsrechnungen abzuschätzen. Diese Rechnungen beruhen aber auf zahlreichen Annahmen, die bisher nicht durch Messungen belegt wurden. Die Befragung des Bundesverbands Windenergie

aus dem Jahr 2013 kam zum Ergebnis, dass etwa 1.400 Megawatt an möglichen WEA durch Konflikte mit Radaranlagen blockiert sind.

*(mi)*