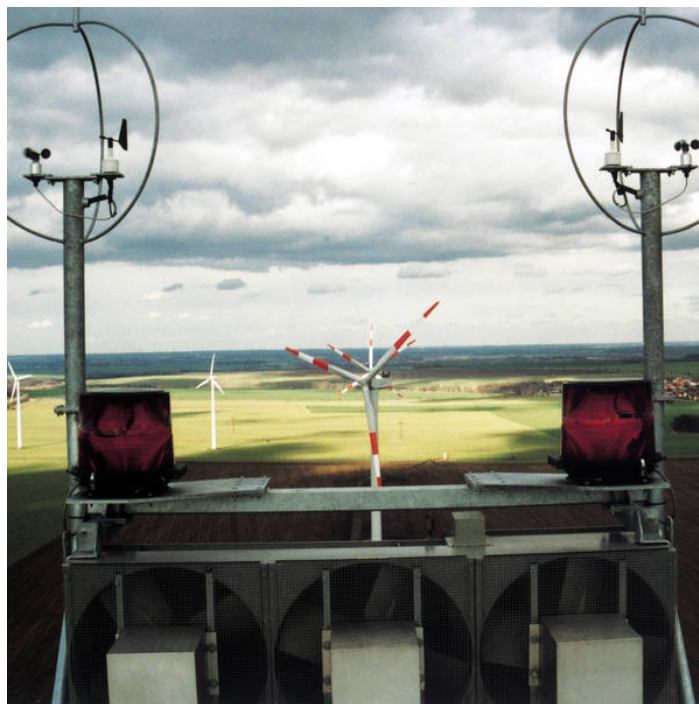


# HiWUS

Entwicklung eines **H**indernisbefeuerungskonzeptes  
zur Minimierung der Lichtemission an On- und Offshore-**W**indenergieparks  
und -anlagen unter besonderer Berücksichtigung  
der Vereinbarkeit der Aspekte **U**mweltverträglichkeit  
sowie **S**icherheit des Luft- und Seeverkehrs



Abschlussbericht zum HiWUS-Projekt

September 2008

Im Auftrag des Bundesverbandes WindEnergie e.V., [www.wind-energie.de](http://www.wind-energie.de)  
gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt,  
Aktenzeichen: 24127, [www.dbu.de/550artikel27549\\_147.html](http://www.dbu.de/550artikel27549_147.html)

**Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



Az	24127	Referat	24	Fördersumme	124.918,00 €
Antragstitel		Entwicklung eines Hindernisbefeuerungskonzeptes zur Minimierung der Lichtemission an On- und Offshore-Windenergieparks und -anlagen – Studie (HiWUS)			
Stichworte		Energie, Wind, regenerativ			
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
12 Monate		01.02.2007		01.05.2008	
Projektphase(n)		4			
Zwischenberichte					
Bewilligungsempfänger		BWE Bundesverband WindEnergie e. V.		Tel 05 41 / 3 50 60 – 41	
		Bundesgeschäftsstelle		Fax 05 41 / 3 50 60 – 30	
		Herrenteichsstraße 1		Projektleitung	
				Carlo Reeker	
		49074 Osnabrück			
Kooperationspartner		Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung			
		Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit			
		Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie			
		DFS Deutsche Flugsicherung GmbH			
		FVT - Fachstelle für Verkehrstechniken			
		Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nordwest			

### ***Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens***

Windenergieanlagen (WEA) können unter bestimmten Bedingungen Verkehrshindernisse für den Luftverkehr und für den Seeverkehr darstellen. Als solche müssen sie zur Aufrechterhaltung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffs- und Luftverkehrs gekennzeichnet werden. Das Vorhaben HiWUS hat zum Ziel, die maximalen Möglichkeiten zur Vermeidung und Verminderung der Kennzeichnung darzustellen. Zusätzlich sollen auf der Grundlage unabänderlicher Regelungen Entwürfe für Befeuerungsdesigns für die unterschiedlichen Bereiche entwickelt werden. Das Vorhaben soll dazu beitragen, durch eine maximale Reduzierung der als störend empfundenen Befeuerung die Akzeptanz dieser Technologie zu erhöhen.

### ***Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden***

In der ersten Phase wurde der Status Quo der aktuellen nationalen und internationalen Regelungen für die Bereiche Onshore-, Nearshore- und Offshore-Windenergieanlagen für den Luftverkehr und für den Seeverkehr erfasst. Bei dieser Erfassung geht es um die Befeuerung an sich und um die Anordnung der Feuer. Die zweite Phase hat die Feststellung des sich aus der Phase 1 ergebenden Handlungsbedarfs sowie die Feststellung der unabänderlichen Vorgaben zum Ziel.

In der dritten Phase wurden zusätzliche technische Möglichkeiten zur Optimierung der Befeuerung unter Berücksichtigung der Belange der Luft- und Schifffahrt untersucht. Hierbei wurden folgende Verfahren berücksichtigt:

- die Schaltung der Befeuerung über Erfassung der Umgebungshelligkeit und Sichtweite
- die Schaltung der Befeuerung über die Wahrnehmung von Luft- und Seefahrzeugen.

In den Phasen 3.4 und 3.5 erfuhr die Radartechnologie als Wahrnehmungssystem von Luftfahrzeugen noch eine besondere Konzentration. In der vierten Phase fanden die Anliegen des Naturschutzes, insbe-

sondere des Schutzes der Zugvögel und Fledermäuse ihren Einfluss. Diese Phase fand auf Grund ihrer Relevanz projektbegleitend über die gesamte Vorhabensdauer statt.

---

### **Ergebnisse und Diskussion**

Durch die Studie wurde verdeutlicht, dass sehr unterschiedliche und zum Teil sehr komplexe Empfehlungen und Regelungen für die Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen in den einzelnen Ländern vorliegen. Die mit Abstand umfangreichsten Regelungen für die Markierung und Befeuerung von WEA an Land existieren zurzeit in der Bundesrepublik Deutschland (siehe Kapitel 1.2).

Auch für die Kennzeichnung von Offshore-WEA zeigt sich kein einheitliches Bild, obwohl hier im Gegensatz zu Onshore-WEA bereits eine internationale Empfehlung vorliegt (siehe Kapitel 1.6).

Im Rahmen der Diskussionen über die Zwischenergebnisse der Studie wurde bestätigt, dass eine Beeinträchtigung der Anwohner durch die Tages- und Nachtkennzeichnung an WEA existiert. Da jedoch nicht eindeutig feststellbar war, welche Art der Kennzeichnung in welchem Maße als störend empfunden wird, wurde eine weitere Untersuchung dieses Bereichs als sinnvoll angesehen. Im Rahmen der HiWUS-Studie wurde daher eine Literaturstudie und eine Projektskizze für eine empirische Untersuchung erstellt (siehe Kapitel 2.2).

Durch die Feldversuche zur Schaltung der Befeuerung über Radarsysteme wurde festgestellt, dass eine Erfassung aller Luftfahrzeuge möglich ist (siehe Kapitel 3.4 und 3.5). In mehreren Tests an und um Windparks wurde die Schaltung über den Empfang von Transpondersignalen und die Erfassung über Primärradar erfolgreich durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass weitere Forschungen in diesem Bereich sinnvoll sind.

Die im Rahmen der HiWUS-Studie durchgeführte Literaturstudie zum Einfluss der Befeuerung auf Vögel und Fledermäuse hat bestätigt, dass eine negative Einwirkung besteht. Auch wenn davon auszugehen ist, dass der Einsatz von blinkenden Feuern mit einer geringen Lichtintensität nicht so störend wirkt, erscheint eine weitere Untersuchung sinnvoll. Auch hier wurde wie in Phase 3 eine Projektskizze für eine empirische Untersuchung erstellt (siehe Kapitel 4.)

---

### **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Über die Studie wurde in dem Verbandmagazin des Bundesverband WindEnergie e.V. (Neue Energie 08/2007), im Fachmagazin „Erneuerbare Energien“ (09/2008) und im Unternehmensmagazin des Herstellers Enercon (Windblatt 02/2008) berichtet. Auf großes Interesse ist auch die Vorstellung der HiWUS-Studie bei einem deutsch/französischen Erfahrungsaustausch im November 2007 in Paris gestoßen (siehe [www.wind-eole.com/de/node/508](http://www.wind-eole.com/de/node/508)).

Die Ergebnisse der Studie wurden im Rahmen einer Abschlussveranstaltung am 20. Mai 2008 im Zentrum für Umweltkommunikation (ZUK) der Deutschen Bundesstiftung Umwelt öffentlich vorgestellt. Im Rahmen der Präsentation wurden die unterschiedlichen Befeuerungssysteme anhand eines Videos dargestellt. Am Vorabend der Veranstaltung im ZUK wurde einem Kreis von Vertretern aus Ministerien und Genehmigungsbehörden die Möglichkeit gegeben, sich unterschiedliche Befeuerungssysteme an einem Windpark im Emsland anzuschauen. Der Abschlussbericht wurde am 9. September 2009 auf der HumWind vorgestellt.

---

### **Fazit**

Um die Akzeptanz für höhere WEA zu fördern, ist ein Interessenausgleich zwischen der Flugsicherung, der Seefahrt, des Naturschutzes und der Windbranche notwendig. Durch die Studie konnte gezeigt werden, dass es mit Einsatz neuer Techniken möglich scheint, die Wirkungen von Markierungen und Befeuerungen an WEA zu minimieren, ohne dass die Sicherheit des Flugverkehrs und der Seefahrt gefährdet wird. Notwendig sind dafür einheitliche Empfehlungs- und Regelungskataloge auf nationaler und internationaler Ebene. Für die Erstellung solcher Regelwerke ist eine intensive Kommunikation zwischen Wirtschafts-, Ministerien- und Behördenvertretern erforderlich. Die Windbranche ist dabei gefordert, weitere innovative Ideen zur Kennzeichnung zu entwickeln und diese in Fachkreisen vorzustellen. Um Komplikationen zu vermeiden, müssen dabei rechtzeitig die Ansprüche der Sicherheit des Flugverkehrs und der Seefahrt berücksichtigt werden. Bei der Entwicklung neuer Systeme sollte ausreichend Zeit für Pilotphasen eingeplant werden. Bereits in einer frühen Planungsphase sollten auch die Experten aus dem Naturschutzbereich einbezogen werden.

## **Teilnehmer**

### **Bearbeitung der Phase 1:**

Klaus Helfenrath, Honeywell Airport Systems GmbH

Gerd Möller, Lanthan GmbH

Roland Hagendorff, Projekt GmbH

Dr. Oliver Frank, Engemann & Partner, Rechtsanwälte und Notare

### **Bearbeitung der Phase 2:**

Dr. Johannes Pohl und Dr. Gundula Hübner, Institut für Psychologie Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Carlo Reeker, Bundesverband WindEnergie e.V.

### **Bearbeitung der Phase 3:**

Gerd Möller, Lanthan GmbH und Stephan Harms, Enercon GmbH

Thomas Herrholz, Enertrag Systemtechnik GmbH

### **Bearbeitung der Phase 4:**

Katrin Hill, Institut für Vogelforschung

Dr. Hauke Ballasus, Institut für Vogelforschung

Dr. Ommo Hüppop, Institut für Vogelforschung

Dr. Helmut Wendeln, Institut für Angewandte Ökologie GmbH

### **Sachverständigen-Beirat:**

Udo Paschedag, Bundesministerium f. Umwelt, Naturschutz / Reaktorsicherheit

Susanne Hofmann, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung

Rainer Kleeßen, DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

Frank Hermann, Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken

Christian Dahlke, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrografie

Philipp Giertz, Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nordwest

### **Weitere Mitglieder der Arbeitsgruppe:**

Carolin Abromeit (BSH); Konrad Alles (WKW Obere Nahe); Peter Becker (Heliport Services GmbH); Andreas Düser (Enercon GmbH); Sebastian Friedrich (Repower Systems AG); Konrad Hölzl (BMU- Referat KI III 3 - Wasserkraft und Windenergie); Georg Klein (Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken); Susanne Kubisch (Reetec GmbH); Andreas Kunte (Staatliches Umweltamt Schleswig); Detlef Lindenau (Reetec GmbH); Andre Mehdorn (argus GmbH) ; Freerk Nanninga (Prokon Nord Energiesysteme GmbH); Tobias Natt (Windwärts Energie GmbH); Melanie Persem (Deutsch/Französische Koordinierungsstelle Windenergie); Wilhelm Pieper (BWE RV Emsland); Dirk Prahl (Vestas Deutschland GmbH); Wilfried Röder (Honeywell Airport Systems GmbH); Bernd Rüßmeier (Vestas Deutschland GmbH); Sebastian Styrnol (Sandbank Power GmbH & Co. KG); Matthieu Scheffers (Orga BV); Armin Vogelsang (Werma Signaltechnik); Gregor Wehe (Honeywell Airport Systems GmbH).

## Inhaltsverzeichnis

Projektkennblatt.....	2
Inhaltsverzeichnis .....	5
Einleitung .....	6
1 Feststellung Status Quo – Vorgaben für die Kennzeichnung von Windenergieanlagen.....	6
1.1 Kennzeichnung für Onshoreanlagen .....	6
1.2 Kennzeichnung für Offshoreanlagen .....	12
1.3 Kennzeichnungspflicht für WEA unter Berücksichtigung der verschiedenen Regelwerke.....	15
2 Befeuerungsdesign für WEA und Feststellung von Konflikten und Klärungsbedarfen .....	17
2.1 Anpassungsbedarf aus Sicht der Windbranche .....	17
2.2 Stresswirkung von Befeuerungssystemen.....	18
3 Feststellung von Steuer- und Schaltmöglichkeiten .....	20
3.1 Feldversuch Transponder.....	20
3.2 Feldversuch Primärradar .....	25
4 Anliegen Naturschutz, Zugvögel, Fledermäuse .....	29
4.1 Empfehlungen und Forschungsbedarf.....	29
4.2 Erarbeitung Maßnahmenkatalog .....	31
<u>Anhänge nur in der Langfassung enthalten:</u> .....	32
Anhang 1 ICAO (deutsche Übersetzung) .....	32
Anhang 2 FAA (deutsche Übersetzung) .....	32
Anhang 3 IALA Recommendation O-117 (deutsche Übersetzung) .....	32
Anhang 4 AVV (Allgemeine Verwaltungsvorschrift für die Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen).....	32
Anhang 5 Französische Verwaltungsordnung (deutsche Übersetzung).....	32
Anhang 6 Schwedische Rechtsverordnung (deutsche Übersetzung).....	32
Anhang 7 Englische Vorschrift (deutsche Übersetzung) .....	32
Anhang 8 Belgische Vorschrift (deutsche Übersetzung) .....	32
Anhang 9 Italienische Vorschrift (deutsche Übersetzung) .....	32
Anhang 10 Dänische Vorschrift (deutsche Übersetzung) .....	32
Anhang 11 FVT/WSV – Technische Information für Offshore-WEA .....	32
Anhang 12 ICAO Erweiterungsvorschlag (deutsche Übersetzung) .....	32
Anhang 13 Transponder Mode S- Informationen .....	32
Anhang 14 Darstellung eines Hinderniswarngerätes.....	32

Langfassung unter:

[www.wind-energie.de/de/themen/mensch-umwelt/planung/kennzeichnung/](http://www.wind-energie.de/de/themen/mensch-umwelt/planung/kennzeichnung/)

## **Einleitung**

Die politische Forderung zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Windenergieanlagen (WEA) sieht eine optimalere Ausnutzung der Windressourcen vor. Dieses bedingt die Nutzung der Windgeschwindigkeiten in größeren Höhen. Als Faustformel gilt, dass ein ein Meter höherer Turm einen Mehrertrag von einem Prozent erbringt. Mit derzeit 20.000 installierten WEA und einer Gesamtleistung von über 22.000 Megawatt belegt Deutschland Platz eins der Weltrangliste. Bereits jetzt sind ein Drittel dieser Anlagen mit einer Tages- und/oder Nachtkennzeichnung versehen. Das Vorhaben HiWUS hat zum Ziel, die maximalen Möglichkeiten zur Vermeidung und Verminderung der Kennzeichnung an WEA zu untersuchen und soll dazu beitragen, durch eine maximale Reduzierung der als störend empfundenen Beleuchtung die Akzeptanz dieser Technologie zu erhöhen.

## **1 Feststellung Status Quo – Vorgaben für die Kennzeichnung von Windenergieanlagen**

### **1.1 Kennzeichnung für Onshoreanlagen**

WEA stellen im gleichen Maße wie Türme, Schornsteine oder hohe Gebäude im Sinne der Gesetzgebung Hindernisse für den Flugverkehr dar und sind entsprechend den nationalen oder internationalen Regelwerken zu kennzeichnen. Das besondere Luftfahrthindernis „Windenergieanlage“ wird von den internationalen Empfehlungen bisher nicht richtig erfasst. Aus diesem Grunde haben sich für die Kennzeichnung national wie international unterschiedliche Regulierungen entwickelt.

Die Standards und Empfehlungen für den Anwendungsfall „Kennzeichnung von allgemeinen Hindernissen“ sind in der International Civil Aviation Organisation (ICAO) Aerodromes Annex 14 Kapitel 6 niedergelegt.

Für die Kennzeichnung von WEA im europäischen Ausland werden überwiegend Mittelleistungsfeuer als Doppelfeuer mit 2.000 Candela (cd) in rot für die Nachtkennzeichnung verwendet. In Deutschland hat sich das Feuer W, rot derzeit durchgesetzt (100 cd).

Auf Grund der globalen Bedeutung von WEA wird eine Erweiterung der Standards und Empfehlung der ICAO um das Kapitel 6.4 Wind Turbinen vorgeschlagen, wo die Standards und Empfehlung zur Markierung von WEA gesondert beschrieben wird. Damit soll eine Grundlage für in-

ternationale Standards und Empfehlungen für abgestimmte Standards bei der Kennzeichnung von WEA in den einzelnen Ländern entwickelt werden.

## **Derzeitige Situation in Deutschland**

Seit einigen Jahren wird in den Fachgremien sehr intensiv um einen tragfähigen Kompromiss zwischen den Erfordernissen der Flugsicherheit und des Schutzes von Anwohnern gegen Lichtemissionen der Feuer gerungen. Seit einiger Zeit werden Lösungen wie z.B. die in Verkehrsflugzeugen vorhandenen Transponder zum Einschalten der Gefahrenbefeuerung bei Annäherung oder die Möglichkeit des Einsatzes eines Annäherungsraders auf WEA diskutiert (siehe Kapitel 3).

In der Bundesrepublik Deutschland gilt die Allgemeine Verwaltungsvorschrift für die Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen (AVV) als Rechtsgrundlage.

### **In welchem Falle muß nun gekennzeichnet werden?**

WEA müssen normalerweise erst ab einer Höhe von 100 m, gemessen vom Erdboden bis zum höchsten Punkt der Flügelspitze, gekennzeichnet werden. Bei allen Anlagen, die unter 100 m Gesamthöhe bleiben, entfällt normalerweise eine Kennzeichnung, es sei denn, dass die örtliche Lage dieses in besonderen Ausnahmefällen doch erforderlich macht.

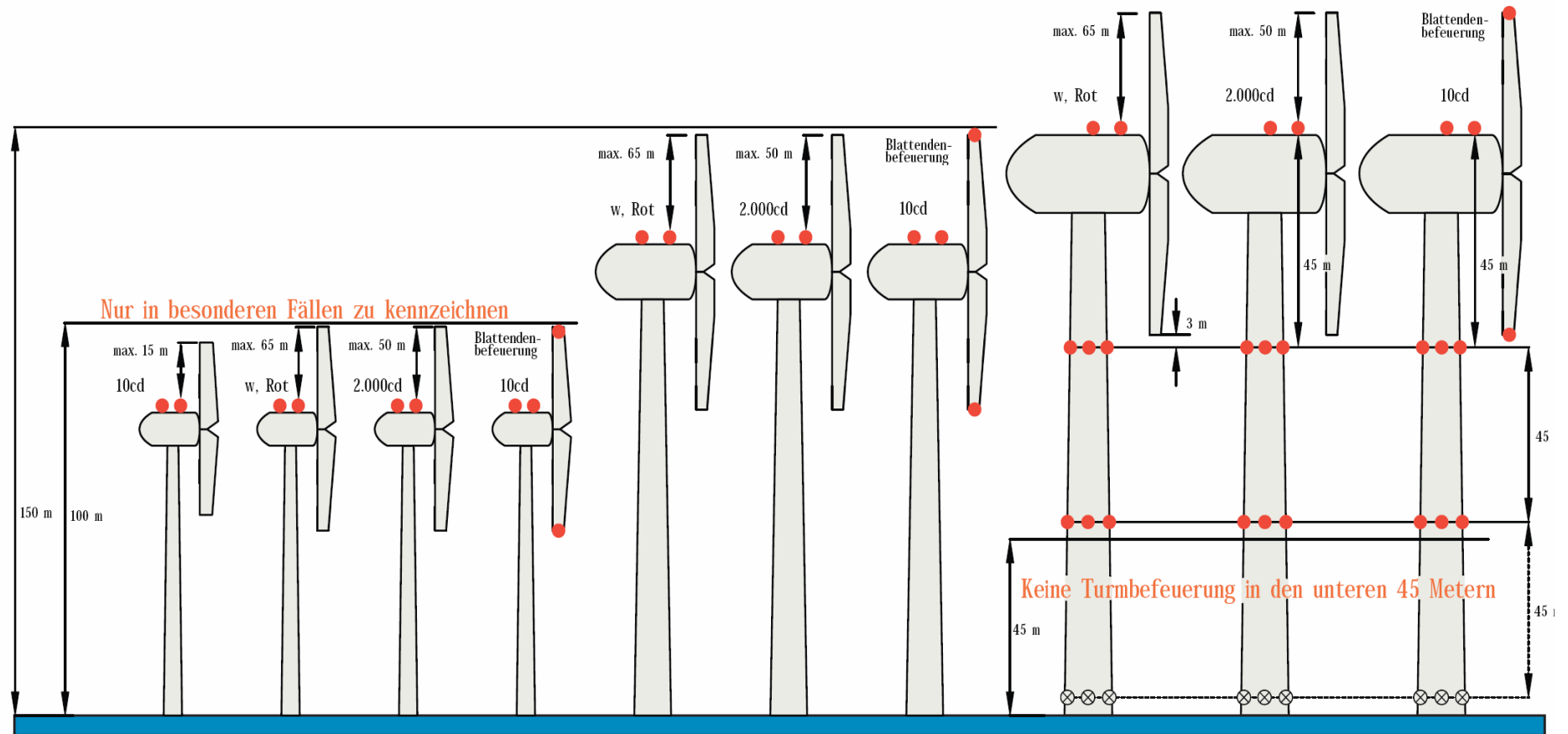
### **Wie werden Anlagen über 100 m Gesamthöhe mit einer Nachtkennzeichnung versehen?**

WEA über 100 m Gesamthöhe werden in der Nacht durch Blattspitzenbefeuerung 10 cd oder rot blinkende Gefahrenfeuer (2.000 cd) oder Feuer W, rot, (100 cd) gekennzeichnet.

### **Wie werden Anlagen über 150 m Gesamthöhe im Nachtbetrieb gekennzeichnet?**

Wie zuvor, jedoch zusätzlich für die Nachtkennzeichnung werden Hindernisfeuer am Turm gefordert. Aus jeder Richtung müssen zwei Hindernisfeuer jeder Befeuerungsebene sichtbar sein. Die Befeuerungsebene darf durch Rotorblätter nicht verdeckt werden.

## Nachtkennzeichnung





**Wie werden Anlagen über 100 m Gesamthöhe am Tage gekennzeichnet?**

Farbliche Kennzeichnung der Flügelspitzen durch drei Streifen von je 6 m Länge (rot/weiß/rot) oder weiß blitzendes Gefahrenfeuer mittlerer Lichtstärke (20.000 cd). Bei Einsatz von weiß blitzenden Feuern kann auf die Streifen ganz verzichtet werden, wenn ein Farbring am Mast angebracht ist.

**Wie werden Anlagen über 150 m Gesamthöhe am Tage gekennzeichnet?**

Wie zuvor, jedoch ist auf dem Maschinenhaus ein orange/roter Streifen anzubringen. Es kann bei einer Genehmigung weiß blitzender Feuer gemäß die Anbringung eines zweiten orange/roten Streifens und die Kennzeichnung des Maschinenhauses entfallen.

**Sichtweitenregelung**

Der Sachverhalt zur Anwendung der Sichtweitenregelung ist in der AVV geregelt. Danach kann die Nennlichtstärke weiß blitzender Feuer am Tag bei Sichtweiten über 5000 m auf 30 % und bei Sichtweiten und über 10 km auf 10 % reduziert werden. Gleiches gilt bei Nacht für die Regelung der Nennlichtstärke der Gefahrenfeuer und der Feuer W, rot. Die Sichtweitenmessung erfolgt nach den Vorgaben, die im Anhang 4 der AVV geregelt sind.

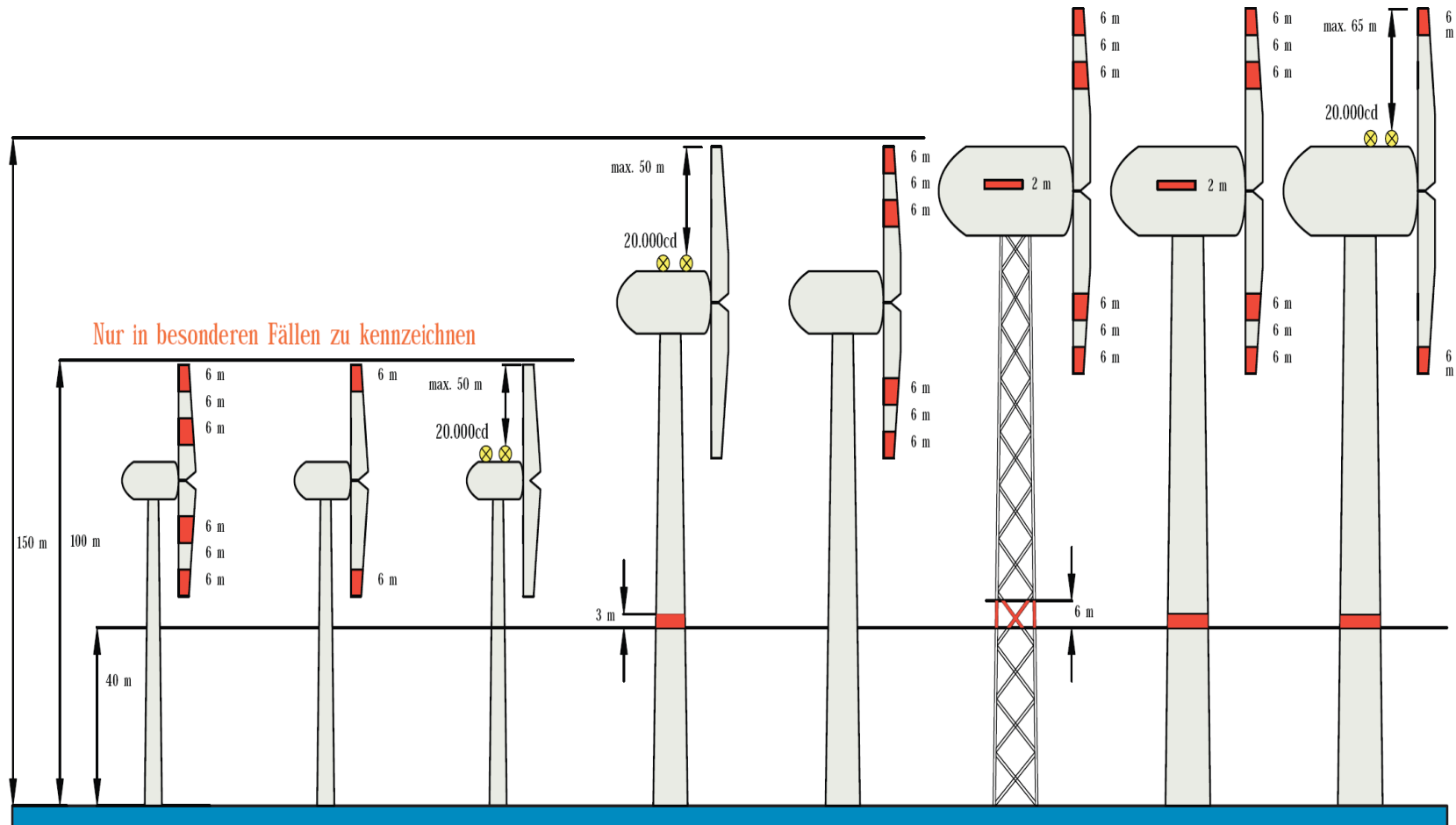
**WEA-Blöcke**

Mehrere WEA können als Windenergieanlagen-Blöcke zusammengefasst werden. In diesen Fällen kann die zuständige Luftfahrtbehörde bestimmen, dass nur die Anlagen an der Peripherie des Blockes, nicht aber die innerhalb des Blockes befindlichen Anlagen einer Kennzeichnung bedürfen.

**Parksynchronisation**

Da die Befeuerungen ein intermittierendes Licht aussenden, hat es sich bewährt, die Feuer eines Windparks zu synchronisieren. Durch die Synchronisation der Feuer wird über alle Feuer ein gleichmäßiges Blinken erreicht, das heißt, dass alle Feuer im gleichen Takt ein- und ausgeschaltet werden. Für das menschliche Auge ergibt das ein ruhigeres Betrachtungsbild.

# Tageskennzeichnung



## **Zur aktuellen Situation in anderen Ländern (onshore)**

Entscheidungen über die Kennzeichnung von WEA in den europäischen Staaten werden von unterschiedlichsten Verantwortungsbereichen getroffen. Deutschland, Frankreich, Belgien und das Vereinigte Königreich verfügen bereits über erste ausführliche Regelungen, die nicht nur die Verantwortung definieren, sondern auch die Rahmenbedingungen darstellen. Weniger transparent erscheint der Umgang mit der Kennzeichnung in den anderen europäischen Staaten. Hier findet man häufig eine dezentrale und individuelle Entscheidungsstruktur. Es wird neben der Orientierung an der ICAO oder an Regelungen in den Nachbarstaaten auch häufig dem Anlagenbauer die Entscheidung über die Kennzeichnung der WEA übertragen.

Die Bedeutung der Windenergie und die installierte Leistung stehen in der Regel im Zusammenhang mit der Entwicklung von entsprechenden Vorschriften für die Kennzeichnung. Erste Ansätze eines Erfahrungsaustausches in Bezug auf die Kennzeichnung von WEA finden zwischen europäischen Ländern statt.

### **Belgien**

Die Kennzeichnung von Windenergieanlagen ist in Belgien in der CIR – GDF 03 CIRCULAIRE BALISAGE OBSTACLES des Directoraat Generaal Luchtvaart und des Direction générale Transport aérien niedergelegt. Weite Teile der Vorschrift entsprechen den Regelungen der deutschen AVV.

### **Dänemark**

Für Dänemark existieren Vorschriften (Bestemmelser om Luftfartshindringer BL 3-10, 9. April 1992), die die Markierung von Windenergieanlagen für die Luftfahrt beschreiben. WEA zwischen 100 und 150 m werden fallspezifisch betrachtet. In der Regel wird für die Nachtkennzeichnung ein Hinderisfeuer (10 cd) auf dem Maschinenhaus anerkannt.

### **Frankreich**

Frankreich hat ähnlich wie Deutschland bereits eine Verordnung erlassen (Verwaltungsordnung Nr. 20700 DNA, vom 16. November 2000), in der die Markierung von WEA geregelt wird. Die Nachtkennzeichnung wird durch die Installation von rotblitzenden Mittelleistungsfeuer (2.000 cd) umgesetzt. In Frankreich werden vermehrt nur die äußeren Anlagen eines WEA-Blockes gekennzeichnet. Auf die Doppelung der Feuer auf dem Maschinenhaus wird im Normalfall verzichtet.

### **Niederlande**

Die Niederlande verfolgen im Vergleich zu den europäischen Nachbarn einen anderen Weg bei der Kennzeichnung der Windenergieanlagen. Es werden Niederintensitätsfeuer für die Nachtkennzeichnung verwendet. Dabei handelt es sich um Feuer mit 50 cd.

### **UK**

Das Vereinigte Königreich orientiert sich bei der Kennzeichnung von WEA an der „Civil Aviation Publication CAP 764“. Für die Kennzeichnung von Anlagen höher 150 m wird bei Nacht ein rotes Mittelintensitätsfeuer gefordert. Das Feuer soll am höchstmöglichen Punkt platziert werden. Bei WEA ist darunter die Installation von Feuern an der Spitze der Tragstruktur (am Generatorgehäuse) zu verstehen, nicht eine Installation an den Spitzen der Flügel. Im Normalfall müssen jedoch Bauwerke mit einer Höhe von weniger als 150 m, die sich außerhalb der direkten Umgebung eines Flughafens befinden, nicht befeuert werden.

### **USA**

In den USA gelten die Vorschriften der Federal Aviation Administration (FAA). Danach beträgt die Grenze, ab der Hindernisse wie Windkraftanlagen gekennzeichnet werden müssen, 200 Fuß (61 m) über dem Niveau des umgebenden Geländes.

Nicht jede Windkraftanlage in einem Windpark muss notwendigerweise befeuert werden. Die Betonung der Begrenzung des Parks ist unverzichtbar, dagegen ist die Befeuerung der weiter innen positionierten Windkraftanlagen weniger wichtig, außer wenn diese höher sind als die Anlagen am Rand des Windparks.

## **1.2 Kennzeichnung für Offshoreanlagen**

### **Luftfahrt für Offshoreanlagen**

Die aktuelle Fassung der ICAO unterscheidet nicht nach Onshore- oder Offshoreshorten eines Hindernisses. Insofern gilt, soweit anwendbar und nicht anders lautende Vorschriften der einzelnen Staaten vorliegen, die derzeitige Fassung der ICAO.

In einigen Ländern existieren gesonderte Vorgaben für die Kennzeichnung für Offshoreanlagen. Für den Abschnitt Luftfahrt für Offshoreanlagen gilt in der Bundesrepublik Deutschland in der AVV der Abschnitt 4 „Kennzeichnung von Anlagen im Meeresbereich“. Nach Vorgaben der AVV ist sicherzustellen, dass eine Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs, insbesondere eine Verwechslung mit Schifffahrtszeichen, ausgeschlossen ist. Festzuhalten ist, dass eine mit der obersten Luftfahrtbehörde (BMVBS) abgestimmte und auch in den Küstenländern vielfach übernommene Genehmigungspraxis des Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) existiert. Demnach werden weiß-blitzende Feuer als Tageskennzeichnung aus Rücksicht auf die Schifffahrt nicht vorgesehen, sondern lediglich der weiß-rote Anstrich. Blattspitzenfeuer werden derzeit aus demselben Grund als Nachtkennzeichnung nicht zugelassen.

### **Schifffahrtskennzeichnung für Offshoreanlagen**

Die mit Ausweitung der Windenergienutzung auf See verbundene Errichtung großer Offshore-Windparks machte detailliertere Empfehlungen bezüglich ihrer Kennzeichnungen für die Schifffahrt erforderlich. Dementsprechend stellte die IALA (*International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities*) mit der 2004 zuletzt überarbeiteten IALA-Empfehlung O-117 einen Leitfaden für die Schifffahrtskennzeichnung von einzelnen Offshore-Windenergieanlagen und Offshore-Windparks bereit

Grundsätzlich sollten gemäß IALA Offshore-Windenergieanlagen so markiert werden, dass sie tagsüber und auch bei Nacht unter Berücksichtigung der üblicherweise vorherrschenden Sicht- und Schiffsverkehrsverhältnisse jederzeit weithin deutlich sichtbar sind.

#### Visuelle Tageskennzeichnung

Die farbtechnische Kennzeichnung sollte in Form eines allseitigen gelben Farbanstrichs im Fundament bzw. unteren Turmbereich der Windenergieanlage erfolgen. Zusätzlich kann eine Kennzeichnung jeder einzelnen Anlage durch das Anbringen beleuchteter oder unbeleuchteter Beschriftungen (Nummerierung) erfolgen.

#### Visuelle Nachtkennzeichnung

Die lichttechnische Kennzeichnung durch Schifffahrtszeichen (Befeuerung) sollte unterhalb des niedrigsten Punktes des Rotorkreises erfolgen. Die Mindestverfügbarkeit der Befeuerung sollte 99 % betragen, was einer Ausfallzeit von maximal 87,5 Stunden pro Jahr entspricht.

Die lichttechnische Nachtkennzeichnung von Offshore-Windparks sollte daher durch synchrone Befeuerung der eckwärtigen peripheren Windenergieanlagen mit gelben getakteten Feuern einer Nenntagweite von mindestens 5 Seemeilen erfolgen.

Die Regelungen sind für die IALA-Mitgliedsstaaten nicht bindend. Es obliegt den Mitgliedsstaaten über Art und Umfang der Implementierung von IALA-Empfehlungen in einschlägige nationale Regelwerke zu entscheiden.

## **Zur aktuellen Situation in den Ländern (offshore)**

### Großbritannien

Die Schifffahrtskennzeichnung von Offshore-Windenergieanlagen unterliegt in England und Wales den Vorgaben des als oberste Seezeichenverwaltung (*General Lighthouse Authority, GLA*) fungierenden *Trinity House Lighthouse Service*.



Beispiel für Tageskennzeichnung für Offshore-Windenergieanlagen (Windfarm Kentish Flats / Bild: ELSAM)

### **Niederlande**

Aus der Genehmigungspraxis in den Niederlanden ist eine zunehmende Tendenz zur Anpassung der nationalen Vorgaben zur visuellen Schifffahrtskennzeichnung von Offshore-Windparks an die Standards der IALA ersichtlich.

### **Dänemark**

Die Befeuereung von Offshore-Windparks in Dänemark folgt den Vorgaben der „*Royal Danish Administration of Navigation and Hydrography, dän. Farvandsvæsenet (FRV)*“. Die Regelungen basieren auf den internationalen IALA Standards.

Die Kennzeichnung für die Schifffahrt erfolgt mittels IALA-5-Seemeilenlaternen der Kennung (gelber Blitz). Die Feuer sind miteinander synchronisiert. Die Befeuereung ist bei Horns Rev I laut Projekt-Webseite nur bei Dunkelheit eingeschaltet.

### **Bundesrepublik Deutschland**

Um den Versagensgrund einer Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auszuschließen, kommt eine maßgebliche Bedeutung u. a. der regelmäßig vom BSH in Offshore-Windparkgenehmigungen getroffenen Anordnung zu, die Tages- und Nachtkennzeichnung der Anlagen gemäß Empfehlungen der IALA und der darauf aufbauenden *Richtlinie der WSDen Nord und Nordwest und der Fachstelle der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung für Verkehrstechnik*

(FVT) zur Kennzeichnung, Gestaltung und Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen zu gestalten.

#### Tageskennzeichnung

Die Tageskennzeichnung jeder Offshore-Windenergieanlage erfolgt in der Regel durch einen 15 m hohen gelben Anstrich und eine Beschriftung. Innerhalb dieses Bereiches sind der Mast/Turmschaft sowie alle Anlagenteile, wie z. B. Leitern, Plattformen, Kräne, etc. gelb anzustreichen.

#### Die visuelle Nachtkennzeichnung als Schifffahrtshindernis

Die WEA an den Eckpositionen eines Windparks sind als *Significant Peripheral Structure (SPS)* im Sinne der *IALA Recommendation O-117* mit der Kennung gelb, 16 Sekunden, 5 sm Nenntragweite synchron zu befeuern. Die übrigen außen liegenden WEA sind mit 5-Seemeilenfeuer der Kennung Blz. gelb, 4 Sekunden,

#### Nahbereichskennzeichnung als Schifffahrtshindernis

Auf See errichtete WEA sind in der Regel mit einer Nahbereichskennzeichnung zu versehen. Die Nahbereichskennzeichnung erfolgt entweder durch die Anstrahlung der Tageskennzeichnung (Beschriftung und gelber Farbanstrich; Leuchtdichte mindestens 10 cd/m oder durch eine selbst leuchtende Beschriftung).

### **1.3 Kennzeichnungspflicht für WEA unter Berücksichtigung der verschiedenen Regelwerke**

Im Folgenden wird für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland dargestellt, welche Bedeutung die bereits im Einzelnen erläuterten Regelwerke (AVV, ICAO-Standards und Empfehlung, WSD-Richtlinie, IALA-Empfehlung) für die Festlegung konkreter Kennzeichnungspflichten von WEA durch die zuständige Behörde haben.

#### **Onshore-Windenergieanlagen:**

In Deutschland onshore zu errichtende WEA bedürfen im Regelfall einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG). Die zuständige Genehmigungsbehörde bestimmt sich nach dem jeweiligen Recht des Bundeslandes; zuständig sind insoweit entweder die Landkreise oder das Land selbst (Bezirksregierungen, Landesverwaltungsämter etc.).

Für die Beurteilung der Frage, auf welche Art und Weise die zur Genehmigung gestellten WEA gekennzeichnet werden sollen, greifen die Luftfahrtbehörden auf die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen (AVV) vom 28.04.2007 zurück. Die AVV verfolgt den Zweck, bundeseinheitlich Leitlinien hinsichtlich der Kennzeichnungspflichten von Luftfahrthindernissen vorzugeben.

#### **Offshore-Windenergieanlagen:**

Offshore zu errichtende WEA sind innerhalb der 12 Seemeilen-Grenze entweder nach § 31 Bundeswasserstraßengesetz oder nach BImSchG

genehmigungspflichtig. Neben der Luftverkehrssicherheit ist bei Offshore-WEA insbesondere die Frage der Sicherheit der Schifffahrt zu prüfen.

Demgegenüber bedürfen Offshore-Windparks in der AWZ einer Genehmigung des BSH nach der Seeanlagenverordnung (SeeAnlV). Dabei bedarf es der Zustimmung der WSD. Gemäß LuftVG § 12-17 bedarf es der Zustimmung der Luftfahrtbehörde.

Bei der IALA handelt es sich lediglich um eine Nicht-Regierungsorganisation, die sich unter anderem das Ziel gesetzt hat, im Wege von Sachverständigenempfehlungen die Sicherheit und Leichtigkeit des Seeverkehrs durch Verbesserung der Schifffahrtszeichen zu gewährleisten. Ob sich die im nationalen Recht jeweils zuständige Fachbehörde an den Empfehlungen der IALA orientiert, bleibt dieser also selbst überlassen.

Auch die WSD-Richtlinie beansprucht keine direkte Bindungswirkung und will insbesondere keine starren Regelungen vorgeben. Sie unterliegt der stetigen Fortschreibung und berücksichtigt insoweit auch aktuelle Erfahrungen, die im Zusammenhang mit der Kennzeichnung von Offshore-WEA gemacht werden.

### **Fazit**

Das einzige Regelwerk mit für die Fachbehörden verbindlichem Charakter stellt im Hinblick auf die Kennzeichnungspflicht für WEA in Deutschland die AVV dar. Auch diese beinhaltet jedoch zahlreiche weitgehende Spielräume für die Luftfahrtbehörden, die je nach der Situation des jeweiligen Einzelfalls genutzt werden können.

Hinsichtlich der Kennzeichnung von Offshore-WEA zu Zwecken der Sicherheit des Schiffsverkehrs bestehen demgegenüber keine für die Fachbehörden verbindlichen Vorgaben, sondern lediglich Empfehlungen und Richtlinien, die als Argumentationshilfe für die Festlegung der konkreten Kennzeichnungsaufgaben herangezogen werden können.



## **2 Befeuerungsdesign für WEA und Feststellung von Konflikten und Klärungsbedarfen**

Im Rahmen der Diskussionen innerhalb der Sitzung des Arbeitskreises Kennzeichnung über die Zwischenergebnisse der Phase 1 „Status Quo“ ergab sich für die Bundesrepublik Deutschland der im Folgenden beschriebene Anpassungs- bzw. Erweiterungsbedarf. Darüber hinaus wurde bei der Auswertung der Zwischenergebnisse festgestellt, dass nicht genau bekannt ist, wie groß der Einfluss unterschiedlicher Kennzeichnungssysteme auf die Bevölkerung ist. Aus diesem Grund wurde von den Mitgliedern des Arbeitskreises empfohlen, die Auswirkungen von Befeuerungssystemen weiter zu untersuchen (siehe 2.2).

### **2.1 Anpassungsbedarf aus Sicht der Windbranche**

Mit der Handlungsempfehlung für die Kennzeichnung von WEA des Arbeitskreises Kennzeichnung vom 6. November 2007 empfiehlt der BWE, dass Systeme, die auf Grundlage älterer Bestimmung (Ausnahmeregelungen) eingebaut wurden, den Vorgaben der aktuellen AVV angepasst werden sollen. Hierbei soll ab dem 1. Juli 2008 nur noch der Austausch von Leuchtmitteln und der elektrischen Betriebsgeräte vorgenommen werden. Beim Ausfall der Steuerung oder weiteren maßgeblichen Bestandteilen (z.B. Gehäuse) sollen die Systeme (z.B. Doppelblitze) durch das Feuer W, rot ersetzt werden. Dieses deckt sich nicht mit den Forderungen des BMVBS, das einen Austausch aller Doppelblitzsysteme bis Mitte 2008 fordert.

Bei neuen WEA empfiehlt der BWE grundsätzlich das Feuer W, rot mit Lichtstärkenreduzierung durch Sichtweitenmessung zu betreiben. Für das Feuer W, rot sollten aus Sicht des BWE festgelegte Richtwerte zur Begrenzung der Lichtstärke eingehalten werden.

Des Weiteren ist nach der Handlungsempfehlung eine einheitliche Taktfolge für die Befeuerung und damit auch für das Feuer W, rot anzustreben. Hierbei soll die in der AVV geforderte synchronisierte Taktfolge auf der 00.00.00 Sekunde gemäß UTC starten.

Weiter scheint dem BWE eine Präzisierung der in der AVV vorgeschlagenen Begrenzung der Kennzeichnung auf die äußeren Anlagen eines Windparks sinnvoll. Eine entsprechende Änderung der ICAO wird von Seiten der Windbranche begrüßt.

Als sinnvoll haben sich die einheitlichen und umfangreichen Regelungen der AVV für die Kennzeichnung von WEA an Land erwiesen. Es wird da-

her als zweckmäßig erachtet, entsprechende Regelung auch für die Kennzeichnung von WEA auf dem Meer weiter zu entwickeln. Sinnvoll erscheint es vor diesem Hintergrund, den Austausch in entsprechenden Fachgremien (z.B. AK-Kennzeichnung des BWE) zu forcieren. Ein Erfahrungsaustausch auf europäischer Ebene in Form eines Workshops erscheint zielführend.

## **2.2 Stresswirkung von Befeuerungssystemen**

### **Literaturstudie: Stresswirkung von Befeuerungssystemen**

Die Befeuerung erweist sich im Hinblick auf die Akzeptanz der Anwohner von WEA als problematisch. So liegen beispielsweise nach Angaben des Staatlichen Umweltamtes Schleswig (Kunte, 2007) Beschwerden von Anwohnern über die nächtliche rote Befeuerung vor, häufiger jedoch sind Beschwerden über weiße Lichtblitze am Tag.

### **Ergebnisse**

#### **Stresswirkungen von WEA-Befeuerungssystemen:**

Trotz umfangreicher und zeitlich aufwändiger Suche konnten keine empirischen Untersuchungen zu den Wirkungen von WEA-Befeuerungssystemen auf Erleben und Verhalten im Allgemeinen und zu deren Stresswirkungen auf Anwohner im Besonderen gefunden werden.

#### **Stresswirkungen weiterer Lichtquellen:**

Entgegen der Erwartungen fanden sich zur Lästigkeit von Lichtquellen im Bereich nicht gesundheitsschädigender, mittlerer Lichtstärken nur wenige empirische Untersuchungen, die in den folgenden Abschnitten dargestellt werden (Beleuchtung von Gewächshäusern, Tennisplätzen, Schnee).

### **Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen**

Die Ergebnisse der Literaturstudie zeigen einen ungenügenden Forschungsstand zur Stresswirkung von WEA-Hinderniss-Kennzeichnungen auf. Entsprechend kann die Lästigkeit von WEA-Hinderniss-Kennzeichnungen derzeit nicht objektiv eingeschätzt werden.

Im folgenden Arbeitspaket wird eine Projektskizze zur umwelt- und stresspsychologischen Untersuchung der Wirkungen verschiedener Hinderniss-Kennzeichnungen auf Anwohner von Windfarmen erarbeitet.

## **Projektskizze zur Ermittlung der Stresswirkung von Befeuerungssystemen**

Die Ergebnisse der Literaturstudie zeigen einen ungenügenden Forschungsstand zur Stresswirkung von WEA-Hindernis-Kennzeichnungen auf: bislang liegen keine empirischen Untersuchungen zu den Stresswirkungen von WEA-Hindernis-Kennzeichnungen vor. Entsprechend ist die Lästigkeit von Befeuerungsanlagen derzeit nicht objektiv beurteilbar.

### **Zielsetzung**

Aufgrund der Literaturrecherche und Vorgesprächen im BMU, mit dem Staatlichen Umweltamt Schleswig und dem BWE wurden bislang folgende Fragestellungen zur Umweltverträglichkeit von Hindernis-Kennzeichnungen eingegrenzt, die zeitnah mit Hilfe des oben dargestellten Untersuchungsansatzes untersucht werden können:

1. Untersuchung der Akzeptanz/Umweltverträglichkeit verschiedener Tageskennzeichnungen
2. Vergleich der Akzeptanz von Kennzeichnungen an Küstenstandorten und mit Standorten im Binnenland
3. Vergleich der Akzeptanz von Tages-/Nachtkennzeichnung mit und ohne Synchronisation
4. Akzeptanz der Blockbefeuerung im Vergleich zur herkömmlichen Befeuerung von Windfarmen

Zur Beantwortung der genannten Fragestellungen sind mehrere Untersuchungen erforderlich. Als erstes Projekt schlagen wir die wissenschaftliche Prüfung der Akzeptanz/Verträglichkeit unterschiedlicher Kennzeichnungen von WEA in Abhängigkeit vom Standort und der Synchronisation vor. Als zweites Projekt empfehlen wir, die Wirkung der Blockbefeuerung im Vergleich zur herkömmlichen Befeuerung zu evaluieren.

Die Fragestellungen der vorgeschlagenen Untersuchungen erscheinen uns vorrangig. Wünschenswert wären weitere Forschungen zu folgenden Themen:

- Akzeptanz vor und nach dem Austausch von Doppelblitzsystemen
- Akzeptanz von WEA-Hindernis-Kennzeichnungen in Einflugschneisen von Flughäfen oder in Tieffluggebieten (Problem der Belastung durch mehrere Umweltstressoren wie Lärm und Lichtsignale)
- Akzeptanz von Hindernis-Kennzeichnungen im Ländervergleich z. B. Deutschland vs. Frankreich (europäische Studie, länderübergreifende Richtlinien)

### **3 Feststellung von Steuer- und Schaltmöglichkeiten**

Im Folgenden sollte untersucht werden, ob für die nächtliche Befeuerung von WEA als Einschaltimpuls die Signale von Luftfahrzeugen verwendet werden können, die von deren Transpondern ausgestrahlt werden oder die von Primärradarsystemen erfasst werden. Zurzeit wird untersucht, ob eine Schaltung über Transponder in Kombination mit Backup-Systemen (Primärradar, Hindernisfeuer) eingesetzt werden kann. Hierzu wurde unter Führung des BWE eine Fachgruppe "Transponder" eingerichtet.

#### **3.1 Feldversuch Transponder**

##### **A. Allgemeines**

###### **Transpondereinschaltpflicht**

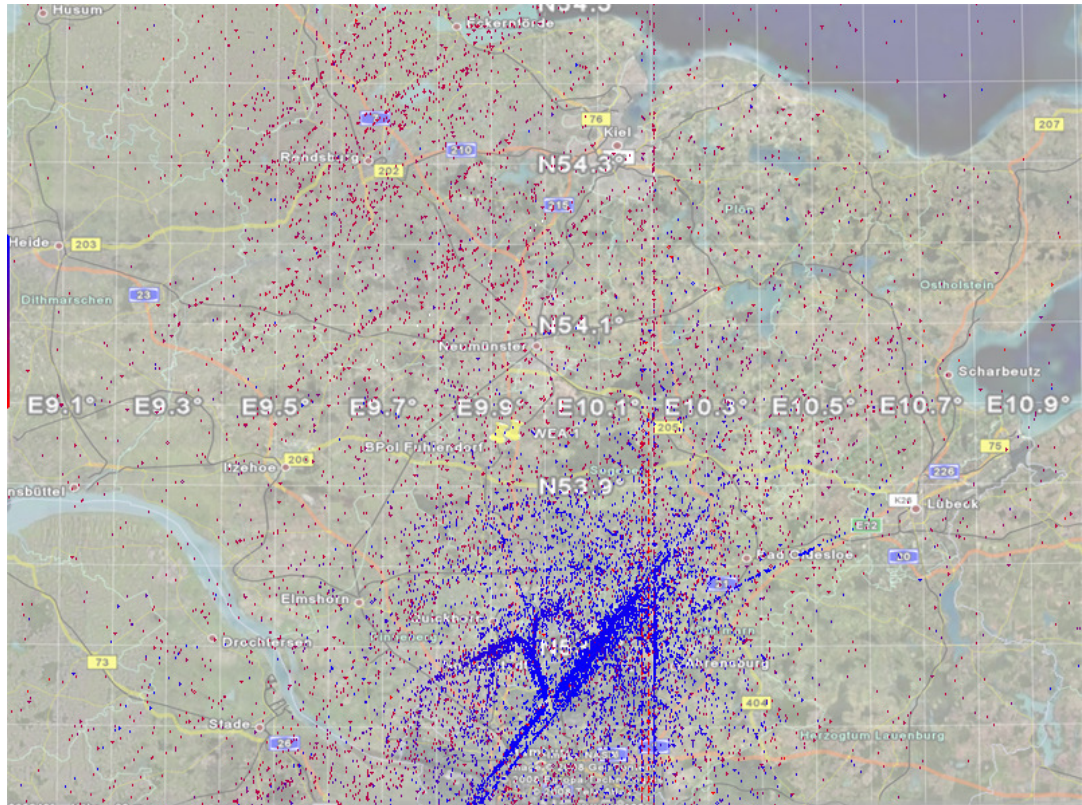
Geeignet sind für diese Umsetzung ausschließlich Lufträume, in denen eine Transpondereinschaltpflicht besteht. Bei Dunkelheit besteht Transpondereinschaltpflicht für Flüge nach Sichtflugregeln in den Lufträumen C sowie D (nicht Kontrollzone), bei Flügen in Lufträumen mit vorgeschriebener Transponderschaltung (Transponder Mandatory Zone – TMZ) und bei Nacht im kontrollierten Luftraum. Keine Transpondereinschaltpflicht besteht aktuell in den unkontrollierten Lufträumen F und G. In diesen Lufträumen befindet sich auch der größte Anteil der WEA. Als Grundlage für weitere Auseinandersetzungen bezüglich der Transpondereinschaltpflicht entstand im Rahmen der HiWUS-Entwicklungen der Begriff „TMZ-Night“.

##### **B. Feldversuch**

Das Ziel des Feldversuches ist das Aktivieren der Befeuerung, wenn sich das Luftfahrzeug in einem definierten Bereich aufhält. Im ersten Schritt wird es keine räumliche Begrenzung des Empfangsbereichs geben.

In dem Feldversuch werden zwei Versuchsreihen durchgeführt:

1. Datenerhebung von Mode S-Signalen und Mode A/C-Signalen
2. Gezielte Beobachtung von Luftfahrzeugen der Bundespolizeifliegerstaffel Nord in Fuhlendorf



*Grafik: Plot der Daten der HiWUS-Messung*

Über den Versuchszeitraum von drei Tagen wurden 184.162 Datensätze aufgenommen, die 1301 identifizierten Luftfahrzeugen zugeordnet werden können.

277 Datensätze beinhalteten keine Mode A-Kennung. 44 Datensätze davon konnten 26 Flügen aufgrund von ICAO-Codes zugeordnet werden. Anhand von Flugflächen, Positionen und Zeiten wurden die verbleibenden 6 Datensätze am 21.01.2008 6 Luftfahrzeugen

188 Datensätze am 22.01.2008 36 Luftfahrzeugen

35 Datensätze am 23.01.2008 18 Luftfahrzeugen und

4 Datensätze am 24.01.2008 4 Luftfahrzeugen zugeordnet. Insgesamt wurden also 1391 Luftfahrzeuge identifiziert.



Fotos von dem Feldversuch Transponder

Von der Bundespolizeifliegerstaffel wurden 19 verschiedene 24-Bit ICAO-Code als mögliche Verkehrsteilnehmer genannt. Der Feldversuch identifizierte 7 Luftfahrzeuge mit insgesamt 1491 Datensätzen. Über die Flight-ID wurden zusätzlich zwei weitere von der Bundespolizeifliegerstaffel Nord in Fuhlendorf nicht aufgelistete Luftfahrzeuge erkannt. Von der DFS wurden insgesamt 7 Luftfahrzeuge erkannt. Eines dieser Luftfahrzeuge ist wahrscheinlich ebenfalls der lfd. Nr. 4 zuzuordnen. Sämtliche von der DFS erkannten Luftfahrzeuge wurden im Rahmen der HiWUS-Messung wahrgenommen.

Quelle	Bundespolizei			HiWUS		DFS	
	ICAO-Code	Transpondertyp	Ein-/Zweikanal	ICAO-Code	Flight ID	ICAO-Code	Flight ID
1	HexPol_01	MST67A	Ein	HexPol_01		HexPol_01	FIDPol_20
2	HexPol_02	MST67A	Ein	HexPol_02			
3	HexPol_03	MST67A	Ein				
4	Keine Akte	MST67A	Ein				
5	HexPol_05	MST67A	Ein				
6	Keine Akte	GTX330	Ein				
7	HexPol_07	TDR-94	Zwei				
8	HexPol_08	TDR-94	Zwei				
9	HexPol_09	TDR-94	Zwei				
10	HexPol_10	TDR-94	Zwei				
11	HexPol_11	TDR-94	Zwei	HexPol_11		HexPol_11	FIDPol_21
12	HexPol_12	TDR-94	Zwei	HexPol_12		HexPol_12	FIDPol_22
13	HexPol_13	TDR-94	Zwei	HexPol_13		HexPol_13	FIDPol_23
14	HexPol_14	BXP6401-1	Ein				
15	HexPol_15	TDR-94	Zwei				
16	HexPol_16	TDR-94	Zwei				
17	HexPol_17	TDR-94	Zwei	HexPol_17	FIDPol_24	HexPol_17	FIDPol_24
18	HexPol_18	TDR-94	Zwei	HexPol_18	FIDPol_26	HexPol_18	FIDPol_24
19	HexPol_19	TDR-94	Zwei				
20				HexPol_04	FIDPol_25		
21				HexPol_06	FIDPol_25	HexPol_06	FIDPol_24

*Tabelle: Abgleich der LFZ-Kennungen durch die drei Datenbestände*

### **Gezielte Identifikation der Luftfahrzeuge der Bundespolizeifliegerstaffel Nord in Fuhlendorf**

Die Tabelle (siehe Seite 23) vergleicht die Daten der Bundespolizeifliegerstaffel Nord in Fuhlendorf, der DFS und den HiWUS-Messungen. Sämtliche Flüge der Bundespolizei wurden sowohl von der DFS als auch durch die HiWUS-Messungen erkannt und zugeordnet.

### **C. Aussicht**

Im Sommer 2008 soll aus dem AK-Kennzeichnung des BWE heraus ein Fachkreis gebildet werden, der sich in enger Absprache mit der DFS folgender Themen annehmen wird:

- Positionierung (redundanter) Antennen auf dem Maschinenhaus (Antenna-Diversity)
- Anzahl des/der Empfänger(s)
- Realisierung von Fail-Save Konzepten bei Transponderempfängern
- Hindernisfeuer als Backupleuchten, beim Erscheinen von Luftfahrzeugen wird das sichtweitengeregelte W, rot aktiviert
- TMZ-Night
- Definition des Erfassungsbereiches

Die Maßgabe dieses Fachkreises ist ein mit dem BMVBS abgestimmter Maßnahmenkatalog zur Umsetzung der sekundärradargesteuerten Befeuerung als Langzeitversuch in einem bestehenden Windenergieanlagenpark in Zusammenarbeit mit dem staatlichen Umweltamt Schleswig.



## 3.2 Feldversuch Primärradar

Primärradarsysteme werden heute zu unterschiedlichen Zwecken genutzt. Wichtigste Anwendung ist mit Sicherheit die militärische Luftraumüberwachung, da hier eine Erfassung von Luftfahrzeugen unabhängig von Ihrer Kooperation möglich ist.

In der zivilen Luftfahrt werden ebenfalls Primärradarsysteme eingesetzt, hier gewinnen die Sekundärradarsysteme jedoch zunehmend an Bedeutung. Aufgrund des stark zunehmenden Verkehrsaufkommens, insbesondere im Bereich von Flughäfen und entlang von wichtigen Flugrouten, bietet das Sekundärradar wichtige Vorteile hinsichtlich der übertragenen Informationen.

Am Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik in Kühlungsborn werden mittels eines RMR-Lidars Lasermessungen in der Atmosphäre vorgenommen. Der verwendete Laser kann Luftfahrzeuge über der Messung stören, daher muss er bei Anwesenheit von Luftfahrzeugen abgeschaltet werden. Zur Überwachung des Luftraums dient dort ein modifiziertes Schiffsradar, welches beim Eintreten eines Luftfahrzeugs in eine definierte Alarmzone automatisch die Messung deaktiviert.

An der Westküste Norwegens kommt es regelmäßig zu Unfällen mit schnellen tiefliegenden Militärflugzeugen an Hochspannungsleitungen, welche die dort häufigen Fjorde überspannen und nur mit einfachen Seilmarkern versehen sind. Eine dauerhafte elektrische Kennzeichnung der Masten ist dort nicht möglich, da keine geeignete Spannungsquelle zur Verfügung steht. Vom norwegischen Unternehmen OCAS wurde daher ein autarkes, solarversorgtes Kennzeichnungssystem entwickelt, welches mit einer Radarantenne geringer Leistung den Luftraum überwacht und bei Bedarf visuelle Warnungen sowie Audiowarnungen erzeugt. Das entwickelte System ist derzeit auch in Kanada und der USA zugelassen und wird dort eingesetzt.

### Feldversuch

Im vorliegenden Projekt sollte die technische Machbarkeit einer bedarfsge rechten Schaltung mit Hilfe eines Primärradarsystems anhand eines Feldversuchs geprüft werden. Die grundsätzlichen Anforderungen an ein solches System wurden wie folgt definiert:

- 100%-Erfassungsrate aller Luftfahrzeuge in einer definierten Warnzone
- Überwachung des Systems mit Fail-Safe Schaltungen
- sofortige Aktivierung aller Befeuerungssysteme im Fehlerfall
- erprobte und zuverlässige Technik mit hoher Verfügbarkeit
- hohe Erfassungsgeschwindigkeit und schnelle Reaktion



OCAS Installation in Norwegen (Quelle: OCAS)

Als Ort für den Feldversuch wurde der von ENERTRAG errichtete Windpark „Nadrensee“ ausgewählt. In diesem Projekt wurden 12 Windenergieanlagen vom Typ Vestas V90 mit 105m Nabenhöhe errichtet. Die Tageskennzeichnung wurde mit Farbmarkierungen an den Rotorblättern vorgenommen, die Nachtkennzeichnung erfolgt durch das Feuer „W, rot“.

### **Versuchsaufbau**

Da die Radaranlage nur für einen eintägigen Feldversuch zur Verfügung stand und im überwachten Bereich nur sehr wenige Flugaktivitäten zu erwarten sind, wurde vereinbart, definierte Testanflüge durch ein eigens für diesen Zweck gechartertes Kleinflugzeug durchzuführen.

Da in erster Linie die Wechselwirkungen von WEA und Radaranlage bewertet werden sollten, wurde die Radaranlage an zentraler Stelle im Windpark installiert.

Um den Einfluss verschiedener Installationshöhen zu berücksichtigen, wurde die Radarantenne temporär auf einer Anhänger-Hebebühne installiert, welche sich hydraulisch in verschiedene Höhen verfahren lässt.



Testaufbau (Quelle: TH)

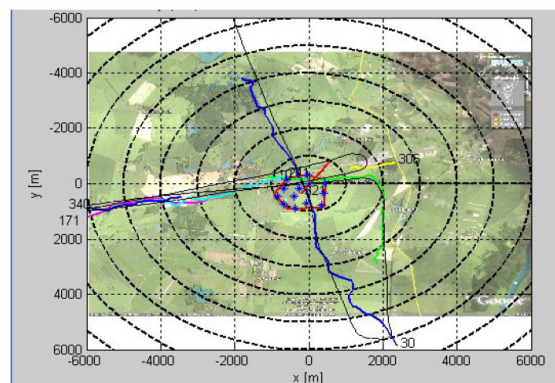


Radarantenne (Quelle: TH)

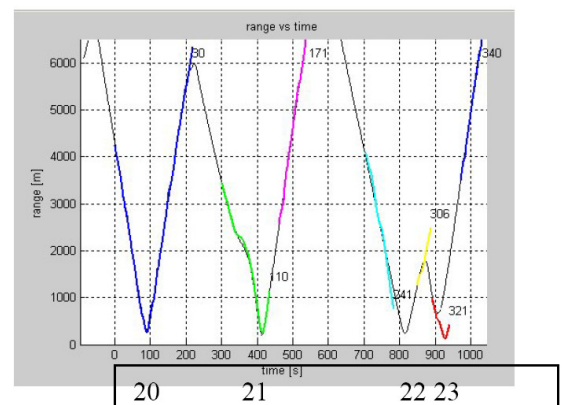
Der Testaufbau besteht aus einer OCAS-Radarantenne sowie einem OCAS-Spannungsversorgungsmodul. Die Spannungsversorgung erfolgte während des gesamten Tests ausschließlich aus Batterien.

Das OCAS-System sieht neben der visuellen Warnung eine Audiowarnung auf multiplen VHF-Frequenzen vor. Diese Option wurde beim Versuch nicht genutzt und wird auch für einen möglichen Einsatz in Verbindung mit Windenergieanlagen nur als Option behandelt.

Zur Auswertung der insgesamt 23 Testüberflüge wurden die aufgezeichneten Radar-Tracks mit den GPS-Tracks aus dem Flugzeug verglichen und in einem Range-Time Diagramm dargestellt. Zum Vergleich konnten die Tracks in einer Karte visualisiert werden.



Auswertebeispiel (Quelle: OCAS)



## Testergebnisse

Der Test zeigte, dass Anflugrouten, die keine Abschattungen durch Windenergieanlagen erwarten ließen, zuverlässig erfasst werden konnten. Es zeigte sich jedoch auch, dass hinter WEA deutliche Abschattungseffekte zu beobachten waren und Tracks zeitweise nicht erfasst werden konnten. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Installation einer Radarantenne im Windfeld keine zufriedenstellenden Ergebnisse liefert. Es ist also notwendig, den Systementwurf anzupassen. In Auswertung des Tests wurden von OCAS zwei weitere alternative Konfigurationen vorgeschlagen:

- Mehrere Radarantennen mit reduzierter Azimutabdeckung, Montage auf separaten Masten an der Peripherie des Windparks
- Mehrere Radarantennen mit reduzierter Azimutabdeckung, Montage am Turm der Windenergieanlagen

## 4 Anliegen Naturschutz, Zugvögel, Fledermäuse

Vertikale, vom Menschen geschaffene Bauwerke wie WEA können eine Gefahr für ziehende Vögel und Fledermäuse darstellen. Dies gilt insbesondere für Bauwerke mit Höhen, die in Bereiche gelangen, in denen Vogel- oder Fledermauszug stattfindet.

Vor allem nachts ziehende Vögel und Fledermäuse können mit WEA kollidieren. Im Falle der Vögel ist die Beleuchtung hoher Strukturen für das Kollisionsrisiko bedeutsam. Kollisionen sind sehr wahrscheinlich, wenn ein beleuchtetes Hindernis in einen von Vögeln genutzten Luftraum ragt, wobei allerdings verschiedenste Faktoren das Ausmaß der Verluste erheblich beeinflussen (Weir 1976).

Ziel dieses Berichtes ist einerseits, mittels einer Literatur-Recherche den aktuellen Wissensstand über Auswirkungen von künstlicher Beleuchtung auf ziehende Vögel und Fledermäuse zusammenzutragen und Möglichkeiten aufzuzeigen, diese zu vermindern oder zu vermeiden. Im Rahmen der HiWUS-Studie wurde außerdem ein Untersuchungskonzept entwickelt, mit dem das Verhalten nachts ziehender Vögel auf Lichtreize und damit das Gefahrenpotential beleuchteter Windenergieanlagen beurteilt werden kann. Im zweiten Teil dieses Berichtes wird daher ein Maßnahmenkatalog (4.2) vorgestellt, der aufzeigt, wie mit Hilfe eines Zielfolgeradars und eines automatisierten Kamerasystems die Reaktion von nachts ziehenden Vögeln auf die Beleuchtung von WEA unter Freilandbedingungen untersucht werden sollen.

### 4.1 Empfehlungen und Forschungsbedarf

Folgende grundsätzliche Empfehlungen für eine vogel- und fledermausfreundliche Befeuerung von WEA können nach der vorliegenden Auswertung gegeben werden:

- Lichtintensitäten sollten im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben möglichst gering gewählt werden und zwar sowohl bei der Flugsicherheitsbeleuchtung als auch bei der Schiffssicherheitsbeleuchtung im Falle der Offshore-Windparks. Eine Reduktion der Lichtintensität bei guten Sichtbedingungen, wie es im Falle des Feuers W, rot vorgesehen ist, ist sinnvoll. Allerdings tritt das Phänomen der Lichtattraktion von Zugvögeln gerade bei schlechter Sicht auf, so dass unter solchen Bedingungen ebenfalls eine größtmögliche Reduktion wünschenswert ist.
- Auf Schaftbeleuchtung, die für Offshore-WEA durch die Richtlinie für die Gestaltung, Kennzeichnung und Betrieb von Offshore-Windparks zur Aufrechterhaltung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs vorgesehen ist, sollte wenn irgend möglich unbedingt verzichtet werden, da große hell erleuchtete Flächen Vögel besonders anziehen. Wo dies nicht möglich ist, muss die Abstrahlung nach oben minimiert werden

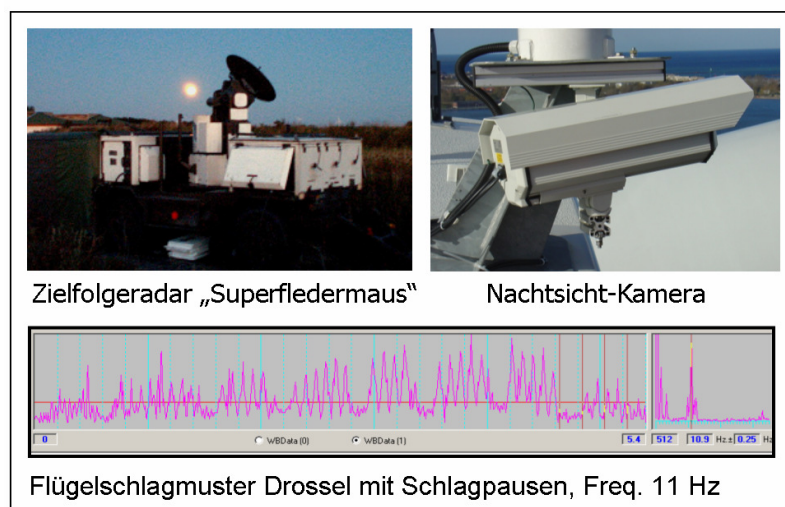
- Unterbrochene Lichterführung ist einer konstanten vorzuziehen. Dabei sollten die Blinkfrequenzen so gewählt werden, dass die Hellphase möglichst kurz, die Dunkelphase möglichst lang ist. Das Feuer W, rot ist daher dem konstant leuchtenden Hindernisfeuer vorzuziehen. Falls möglich, könnten die Lichtsignale des Feuers W, rot noch verkürzt werden. Eine Synchronisierung des Blinkregimes unter allen WEA eines Windparks ist empfehlenswert. Für den Schiffsverkehr erscheint gelbes Blitzlicht (Blz) von höchstens 1 s Dauer mit mindestens 3 s Pause gegenüber der unterbrochenen Lichtabfolge (Ubr) wegen der längeren Dunkelphase und kürzeren Hellzeit vorteilhaft. Eine Synchronisierung der Blinkfrequenzen von Flug- und Schiffssicherheitsbeleuchtung für Offshore-WEA wäre wünschenswert.
- Die alternativ mögliche Blattspitzenbefeuerung erscheint aufgrund der längeren Lichtphase nachteilig, in Hinblick auf die wesentlich schwächere erforderliche Lichtintensität jedoch vorteilhaft. Somit besteht hierzu weiterer Forschungsbedarf.
- Die für mehr als 150 m hohe Onshore-Anlagen durch die AVV zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen vom 28.4.2007 derzeit zusätzlich vorgeschriebenen roten Flugsicherheitsfeuer am Turm sollten wegen der hohen Attraktionswirkung von Dauerlicht durch rotes Blinklicht mit möglichst kurzer Hellphase ersetzt werden.
- Hinsichtlich der Lichtfarbe kann keine eindeutige Empfehlung gegeben werden, da – wie dargestellt – in der Literatur widersprüchliche Ergebnisse über diesen Parameter erzielt wurden. Generell kann derzeit nicht davon ausgegangen werden, dass von roter Beleuchtung eine besondere Attraktion auf Vögel oder Fledermäuse ausgeht.
- Bei massivem Vogelzug mit kollisionsfördernden Wetter- bzw. Sichtbedingungen sollte die Beleuchtung (Blinkregime, Lichtintensität) unter Berücksichtigung der sicherheitstechnischen Erwägungen soweit wie möglich reduziert werden. Nach Möglichkeit kommt auch eine temporäre Ausschaltung der Beleuchtung und Anlagen in Betracht.
- Bei auftretender starker Fledermaus-Aktivität bei geringen, aber für den Anlagenbetrieb überschwelligen Windstärken sollten die Rotorblätter angehalten und festgestellt werden.
- Von einer Beeinträchtigung der Fledermäuse durch die bestehende Flug- und Schiffssicherheitsbeleuchtung ist derzeit nicht auszugehen. Die Beleuchtung sollte jedoch so gestaltet werden, dass sie keine Insekten anlockt, d.h. sie sollte nach aktuellem Kenntnisstand kein oder zumindest wenig UV-Licht enthalten.
- Eine Beleuchtung, die sich erst bei Annäherung eines Flugzeuges oder Schiffs unter Verwendung eines Transponders automatisch anschaltet, wäre aus Sicht des Vogel- und Fledermausschutzes besonders wünschenswert.

Der Forschungsbedarf zur Beleuchtung von WEA umfasst folgende Fragen:

- Bis zu welcher Entfernung lösen die Lichtquellen eine Attraktionswirkung auf Vögel aus bzw. stören eventuell ihr Orientierungsvermögen?
- Welche Bedeutung hat die Lichtfarbe bei verschiedenen (Wetter-) Umständen?
- Wie unterscheiden sich weißes, rotes oder andersfarbiges Licht bei identischem Lichtintervall und identischer Wiederkehrrate in ihrer Attraktionswirkung?
- Treten durch das Zusammenwirken der Einzellichtreize von WEA und Windparks großräumigere Attraktionswirkungen auf?

## 4.2 Erarbeitung Maßnahmenkatalog

Das Zielfolgeradar der Schweizerischen Vogelwarte Sempach besitzt eine Parabolantenne, die eine sehr stark gebündelte Radarkeule erzeugt (2°, s. Abbildung). Einmal erfasste Echos von Kleinvögel können bis zu 4-5 km verfolgt werden (große Vögel bis zu 20 km). Aus den sekundengenauen Daten wird ein dreidimensionales Flugbild erstellt, aus dem Höhen- und Richtungsänderungen bei der Annäherung an beleuchtete WEA hervorgehen. Über das Flügelschlagmuster (s. Abbildung, Schlagmuster mit Pausen = Singvögel; ohne Pausen durchgehend schlagend = Wasser- und Watvögel) und die Schlagfrequenz (kleiner Vogel = hohe Schlagfrequenz, großer Vogel = geringe Schlagfrequenz) können Artengruppen eingegrenzt werden, so dass auch artspezifische Unterschiede in den Reaktionen untersucht werden können. Da vor allem auch tief fliegende Vögel verfolgt werden sollen, muss ein sog. MTI (Moving Target Indicator) aktiviert werden, der unbewegliche Objekte herausfiltert.



Abbildung

**Anhänge nur in der Langfassung enthalten:**

- Anhang 1 ICAO (deutsche Übersetzung)**
- Anhang 2 FAA (deutsche Übersetzung)**
- Anhang 3 IALA Recommendation O-117 (deutsche Übersetzung)**
- Anhang 4 AVV (Allgemeine Verwaltungsvorschrift für die Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen)**
- Anhang 5 Französische Verwaltungsordnung (deutsche Übersetzung)**
- Anhang 6 Schwedische Rechtsverordnung (deutsche Übersetzung)**
- Anhang 7 Englische Vorschrift (deutsche Übersetzung)**
- Anhang 8 Belgische Vorschrift (deutsche Übersetzung)**
- Anhang 9 Italienische Vorschrift (deutsche Übersetzung)**
- Anhang 10 Dänische Vorschrift (deutsche Übersetzung)**
- Anhang 11 FVT/WSV – Technische Information für Offshore-WEA**
- Anhang 12 ICAO Erweiterungsvorschlag (deutsche Übersetzung)**
- Anhang 13 Transponder Mode S- Informationen**
- Anhang 14 Darstellung eines Hinderniswarngerätes**

**Langfassung unter:**  
**[www.wind-energie.de/de/themen/mensch-umwelt/planung/kennzeichnung/](http://www.wind-energie.de/de/themen/mensch-umwelt/planung/kennzeichnung/)**