



Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

Sachinformation

Optische Immissionen

von

Windenergieanlagen

Dieser Beitrag zeigt auf, mit welchen optischen Effekten im Umfeld von Windenergieanlagen gerechnet werden muss. Der Stand zur Prognose und zur Beurteilung optischer Immissionen wird dargelegt. Auf die bestehenden Möglichkeiten zur Vermeidung oder Minderung schädlicher Umwelteinwirkungen wird eingegangen.

Optische Effekte bei Windenergieanlagen

Windenergieanlagen können durch den bewegten Anlagenrotor außer unerwünschte Geräusche auch störende optische Beeinträchtigungen in der Umgebung verursachen [1, 2]. Diese Erfahrung, die seit ca. 1992 in verschiedenen Gerichtsurteilen Niederschlag gefunden hat, wird durch neuere wissenschaftliche Untersuchungen belegt [3, 4]. Hierbei wird i.d.R. auf den Menschen abgestellt; Gegenstand des Interesses bzw. Streitgegenstand können jedoch im Einzelfall auch mögliche negative Wirkungen auf die Tierhaltung sein. Betreffende optische Effekte können in einem weitreichenden Umfeld um betreffende Anlagen wirksam werden, welches mit steigender Anlagengröße zunimmt. Die Vermeidung oder Minderung der Einwirkung derartiger Effekte in schutzbedürftigen Bereichen wie Wohnungen liegt außer dem Schutz Betroffener auch im Interesse von Anlagenakzeptanz und Konfliktvermeidung.

Alle betreffenden optischen Effekte gehen vom betriebsbedingt bewegten Rotor einer Windenergieanlage aus. Hierbei wird unterschieden zwischen dem vom Anlagenrotor verursachten periodischen Schattenwurf sowie Lichtreflexen des bewegten Rotors einer Windenergieanlage („Disco-Effekt“), welche beide nur bei ausreichendem Sonnenschein wirksam werden können. Diese Effekte sind rechtlich als Immissionen i.S. von § 3 (2) des Bundes-Immissionsschutzgesetzes anzusehen. Nicht als Immission gilt jedoch die Wirkung einer Windenergieanlage an sich – unabhängig vom Sonnenschein - aufgrund der Eigenart der Rotorbewegung, die ein Anziehen der Aufmerksamkeit bewirken kann. Zur Wirkung des letzteren optischen Effekts liegen nach Kenntnis des Landesumweltamtes bislang keine wissenschaftlichen Erkenntnisse vor. Im Rahmen der an der Universität Kiel in 1999 durchgeführten Untersuchung im Umfeld von Windenergieanlagen [3] gaben 61,9 % der befragten Personen eine empfundene Belästigung durch Geräusche, 43,5 % durch periodischen Schatten, jedoch 65,0 % durch den „visuellen Eindruck“ der Windenergieanlagen an.

Für die aufgeführten optischen Immissionen durch Schattenwurf und Lichtreflexe bestehen bislang keine rechtsverbindlichen Beurteilungsvorschriften zur Bestimmung der immissionsschutzrechtlichen Erheblichkeitsgrenzen. In verschiedenen Bundesländern sind jedoch in Initiative der Umweltbehörden in den vergangenen Jahren Beurteilungskriterien entwickelt worden, die ihren Niederschlag in einheitlichen vom Arbeitskreis Lichtimmissionen des Länderausschuss für Immissionsschutz erarbeiteten Beurteilungs-

hinweisen gefunden haben und eine bundesweit einheitliche Beurteilungspraxis in Planungs-, Genehmigungs- und Gerichtsverfahren ermöglichen sollen [5].

Prognose und Beurteilung optischer Immissionen bei Windenergieanlagen

Lichtreflexionen – Disco-Effekt

Bei Sonnenschein können an einer Windenergieanlage, ähnlich wie auch bei anderen spiegelnden Flächen z.B. gläsernen Fensterscheiben, störende Reflexionen des Sonnenlichts auftreten. Von derartigen Lichtimmissionen kann eine relevante Belästigungswirkung bei entsprechender Lichtintensität und Einwirkungsdauer an einem Bezugs-/Immissionsort ausgehen. Reflexionen am betriebsbedingt bewegten Rotor von Windenergieanlagen können darüber hinaus aufgrund der periodisch mit dreifacher Umdrehungsfrequenz (dreiblättriger Rotor) modulierten Lichtreflexe die Aufmerksamkeit anziehen. Die Reflexionen sind von einem Bezugs-/Immissionsort wahrnehmbar, soweit die Strahlenein- und -ausfallwinkel von und zur jeweiligen Windenergieanlage für einen reflektierenden Bestandteil des Rotors übereinstimmen.

Quantitative Abschätzungen zur Auftrittswahrscheinlichkeit von Lichtreflexionen finden sich in einem Fachbeitrag von Behr [6]. Dort wurde unter vereinfachter Betrachtung einer exemplarischen Beurteilungssituation (Annahme ebener Rotorblätter ohne Berücksichtigung der Blattform, keine Berücksichtigung der Kurzzeitvariabilität der Windrichtung) ermittelt, dass Lichtreflexionen aus astronomischen Gegebenheiten in einem Großteil des Jahres bei entsprechender Sonnenhöhe über dem Horizont jeweils einmal in den Vor- und den Nachmittagsstunden eines Tages an einem Immissionspunkt auftreten können. Aufgrund der Bewegung der Sonne am Himmel ist dies jeweils nur kurzzeitig (minutenweise) zu erwarten und tritt aufgrund der für die konkrete Wahrnehmbarkeit relevanten meteorologischen Einflüsse der Bewölkung und der die Rotorstellung bestimmenden Windrichtung nur in ca. 10% aller astronomisch möglichen Fälle auf. Zur Bestimmung entsprechender Einwirkungszeiten und Auftrittswahrscheinlichkeiten muss ggf. auf den konkreten Einzelfall abgestellt werden, der u.a. die z.T. komplexen Rotorgeometrien berücksichtigt. Eine diesbezügliche standardisierte und verlässliche Prognosemöglichkeit für Lichtreflexionen besteht nach Kenntnis des Landesumweltamtes derzeit nicht.

Die Intensität der Lichtreflexe einer Windenergieanlage hängt maßgeblich von den Reflexionseigenschaften der Rotoroberfläche einer Windenergieanlage ab. Dies betrifft den

Glanzgrad der Rotoroberfläche und das Reflexionsvermögen der gewählten Farbe. Entsprechend den Empfehlungen der Umweltbehörden sollen bei der Rotorbeschichtung mittelreflektierende Farben und matte Glanzgrade verwendet werden [5]. Hierdurch wird die Intensität möglicher Lichtreflexe minimiert.

Bei Berücksichtigung genannter Empfehlungen wird nach heutiger Kenntnis und Einschätzung davon ausgegangen, dass durch Lichtreflexionen bei Windenergieanlagen i.a. keine schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes ausgehen. Diesbezügliche Beschwerde- oder Konfliktsituationen sind dem Landesumweltamt in jüngerer Vergangenheit nicht bekannt geworden.

Periodischer Schattenwurf

Schattenwurf tritt bei ausreichendem Sonnenschein hinter dem Baukörper einer Windenergieanlage grundsätzlich ebenso wie bei jedem anderen angestrahlten Körper auf. Von daher geht von der Schattenwirkung des Mastes einer Windenergieanlage keine besondere Wirkung aus. Eine besondere Störwirkung kann jedoch vom Schattenwurf ausgehen, der vom betriebsbedingt periodisch bewegten Rotor hinter einer Windenergieanlage verursacht wird. Die vom periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen u.U. ausgehende erhebliche Belästigungswirkung wurde im Rahmen von Gerichtsbeschlüssen und –urteilen der vergangenen Jahre wiederholt bestätigt und deckt sich grundsätzlich mit Erkenntnissen der Umweltbehörden. Wissenschaftlich konnte die Stressorwirkung des periodischen Schattenwurfs durch Untersuchungen des Instituts für Psychologie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel in 1999/2000 [3, 4] belegt werden.

Im Hinblick auf den Schutz betreffender Anwohner in der Umgebung von Windenergieanlagen, aber auch im Interesse einer einheitlichen Verfahrensweise bei der immissionschutzseitigen Bewertung des periodischen Schattenwurfs von Windenergieanlagen, ergibt sich der Bedarf zur Prognose und zur Beurteilung auftretenden Schattenwurfes einschließlich Festlegungen der immissionsschutzrechtlichen Erheblichkeitsgrenzen.

Die Prognose des Schattenwurfs im Umfeld von Windenergieanlagen stützt sich auf standortbezogene Berechnungen des veränderlichen astronomischen Sonnenstandes, deren Randbedingungen während der vergangenen Jahre zunehmend vereinheitlicht wurden.

Entsprechend Empfehlungen des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen wird hierbei auf standardisierte Berechnungsmodelle zurückgegriffen [7, 8]. Ein diesbezügliches Berechnungsbeispiel für eine einzelne Windenergieanlage und zwölf Immissionsorte der Umgebung findet sich in Anlage 1. Aufgrund des hiesigen scheinbaren Sonnenlaufes sind insbesondere in westlicher und östlicher Richtung zu einer Windenergieanlage grundsätzlich große Schattenreichweiten möglich. Untersuchungen an der Fachhochschule Kiel [9] haben Erkenntnisse erbracht, die nunmehr genauere Aussagen zur Reichweitebeurteilung ermöglichen. Hieraus lässt sich für konkrete Anlagen ein Beschattungsbereich angeben, außerhalb dessen das Auftreten von periodischem Schattenwurf entsprechend dem heutigen Kenntnisstand sicher ausgeschlossen werden kann, vgl. Anlage 2.

Für die Erheblichkeit der Belästigungswirkung durch Schattenwurf wird dessen zeitliche Einwirkdauer an betreffenden Immissionsorten als maßgebend angesehen. Schutzziel ist daher die sichere Begrenzung der Einwirkdauer derartiger Immissionen in schutzwürdigen Wohn- und Arbeitsbereichen. Entsprechend den vom Arbeitskreis Lichtimmissionen des Länderausschuss für Immissionsschutz (im Entwurf) erarbeiteten Hinweisen zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen, insbesondere des Schattenwurfs, gilt eine Belästigung durch zu erwartenden Schattenwurf dann als zumutbar, wenn die maximal mögliche Einwirkdauer am jeweiligen Immissionsort, ggf. unter kumulativer Berücksichtigung aller Beiträge einwirkender Windenergieanlagen, nicht mehr als 30 Stunden/Jahr, entsprechend einer Begrenzung der „realen“, d.h. im langjährigen Mittel für hiesige Standorte zu erwartenden Einwirkungsdauer auf maximal 8 Stunden/Jahr, und darüber hinaus nicht mehr als 30 Minuten/Tag beträgt. Soweit eine Überschreitung genannter Immissionswerte vorliegt, muss von einer erheblichen Belästigungswirkung ausgegangen werden. In diesem Fall soll eine Immissionsminderung durchgeführt werden, die die überprüfbare Einhaltung der Immissionsrichtwerte zum Ziel hat.

Möglichkeiten zur Vermeidung und Minderung schädlicher Umwelteinwirkungen durch optische Immissionen - Fazit

Wie oben dargelegt, stellen Lichtreflexe bei Windenergieanlagen (Disco-Effekt) nach Kenntnis und Einschätzung des Landesumweltamtes entsprechend dem Stand der Technik (Berücksichtigung o.g. Empfehlungen zur Oberflächenbeschaffenheit) derzeit kein besonderes Problempotential (mehr) dar.

Immissionsprobleme durch periodischen Schattenwurf können im Rahmen der Planung vollständig vermieden werden, wenn dies bei der konkreten Standortwahl von vorn herein mit berücksichtigt wird. Anlagenstandorte sollen nach Möglichkeit so gewählt werden, dass alle schützenswerte Immissionsbereiche außerhalb der konkreten Beschattungsbereiche der einzelnen Windenergieanlagen liegen. Hierbei sind ggf. Höhendifferenzen im Gelände, z.B. bei Aufstellung einer Windenergieanlage auf einem Hügel, zu berücksichtigen, die die Schattenreichweite beeinflussen können.

Für schützenswerte Immissionsbereiche, die innerhalb des Beschattungsbereiches von Windenergieanlagen liegen und für die eine nicht vernachlässigbare Beschattungsdauer entsprechend den obigen Ausführungen zu Prognose und Beurteilung besteht, soll und kann zur Sicherstellung des Immissionsschutzes eine zeitweilige Abschaltung beitragender Windenergieanlagen für Zeiten real auftretenden Schattenwurfes in den betreffenden Immissionsbereichen erfolgen. Hierbei ist ggf. der räumlichen Ausdehnung am Immissionsort, z.B. Fenster- oder Balkonflächen, bei der Festlegung der genauen Abschaltzeiten Rechnung zu tragen. Im Falle mehrerer beitragender Windenergieanlagen ist eine Aufteilung der Immissionsbeiträge für den jeweiligen Immissionsort möglich. Auch diese ggf. durchzuführende Abschaltmaßnahme führt nach Einschätzung des Landesumweltamtes i.a. nur zu einer begrenzten Beeinträchtigung des Anlagenbetriebs unter zuverlässiger Gewährleistung des Immissionsschutzes potentiell betroffener Anwohner.

Keine weitere Berücksichtigung können im Rahmen der Ausführungen zu optischen Effekten weitere Auswirkungen von Windenergieanlagen an sich entsprechend obigen Erläuterungen finden. Dies betrifft den visuellen Eindruck (Erscheinungsbild) der Anlagen sowie die Eigenart der Rotorbewegung. Hierzu sind dem Landesumweltamt keine weiter gehenden Aussagen möglich, da diese rechtlich keine Immissionen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes darstellen und darüber hinaus keine weiter gehenden belastbaren Informationen vorliegen.

Literaturangaben

- [1] T. Osten, T. Pahlke, Schattenwurf von Windenergieanlagen: Wird die Geräuschabstrahlung in den Schatten gestellt ?, DEWI Magazin Nr. 13, August 1998, S. 6-11
- [2] R. Kindel, Hinweise zur Beurteilung von Licht-/Schatteneinwirkungen bei Windenergieanlagen, LUA-Jahresbericht '98, Essen 1999, S. 140ff
- [3] J. Pohl, F. Faul, R. Mausfeld, Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Feldstudie, Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 31.07.1999
- [4] J. Pohl, F. Faul, R. Mausfeld, Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Laborpilotstudie, Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 15.05.2000
- [5] Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise), Länderausschuss für Immissionsschutz, Arbeitskreis Lichtimmissionen, in Vorbereitung
- [6] H. D. Behr, Licht und Schatten, Windkraft-Journal 3/92, Verlag Natürliche Energie, Grevenberg/Brekendorf
- [7] DIN 5034-2: Tageslicht in Innenräumen - Grundlagen, Beuth-Verlag Berlin 1985
- [8] VDI3789 Blatt2 -10 /94: Umweltmeteorologie - Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen, Berechnung der kurz- und langwelligen Strahlung, VDI Düsseldorf 1994
- [9] H.D. Freund, Die Reichweite des Schattenwurfs von Windkraftanlagen, Umweltforschungsdatenbank UFORDAT (Juni 1999)

Anlage 1

Projekt: Schattenwurf Einzel-WEA -12 Immissionsorte der Umgebung	Genehmigung: Prüfberechnung LUA NRW - 45.3	Leistungsdatum: 16.08.01 12:40 / 1 Leistung für: Landesumweltamt Nordrhein- Westfalen Wallneyer Straße 6 D-45133 Essen +49 201 79 95 1557 Datum: 11.04.01 10:37/17.8.58
--	---	--

SHADOW - Hauptergebnis

Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Einwirkbereich des Schattens	3.000 m
Min. Sonnenhöhe (Grenzwinkel Sonnenstand)	3 °
Tage zwischen Berechnungen	1 Tag(e)
Berechnungszeitprung	2 Minute(n)

Der berechnete Zeitraum für Schattenwurf stellt eine "worst case"-Beobachtung mit folgenden Voraussetzungen dar:

- Die Sonne scheint den ganzen Tag, an allen Tagen im Jahr (wolkenloser Himmel).
- Die Windrichtung entspricht dem Azimutwinkel der Sonne, d.h. die Sonneneinstrahlung steht senkrecht zur Rotationsfläche (max. Schatten).
- Die Windkraftanlage(n) ist/sind in Betrieb und drehen sich.



WKA

X	Y	Z	Reihendaten/ Beschreibung	WKA Typ	Quelle	Gültig	Hersteller	Typ	Leistung [kW]	Retard. [m]	Höhe [m]	Drehzahl [Drehzahl]
1	2.390.000	5.697.000	175 WKA-Typ	1800/ 0 kW Nab.: 98,0 m	User	Nein	+++	E-66	1800/ 0	70,0	98,0	0,0

Schatten Rezipient-Eingabe

Bez.	Name	X	Y	Z	Breite [m]	Höhe [m]	Höhe über Grund [m]	Azimutwinkel (von Süd) [°]	Ausrichtung des Fensters [°]
A	Immissionsort "A"	2.390.000	5.697.000	170	1,0	1,0	0,0	19,7	90,0
B	"	2.390.000	5.697.000	170	1,0	1,0	0,0	0,0	90,0
C	"	2.390.000	5.697.000	181	1,0	1,0	0,0	-24,1	90,0
D	"	2.390.000	5.697.000	168	1,0	1,0	0,0	-46,2	90,0
E	"	2.359.000	5.697.000	160	1,0	1,0	0,0	0,0	90,0
F	"	2.359.000	5.697.000	160	1,0	1,0	0,0	-53,1	90,0
G	"	2.359.000	5.698.000	146	1,0	1,0	0,0	-33,3	90,0
H	"	2.359.000	5.697.000	0	1,0	1,0	0,0	-91,9	90,0
I	"	2.359.000	5.696.000	158	1,0	1,0	0,0	-119,9	90,0
J	"	2.359.000	5.696.000	158	1,0	1,0	0,0	-166,1	90,0
K	"	2.390.000	5.697.000	180	1,0	1,0	0,0	138,6	90,0
L	"	2.390.000	5.697.000	174	1,0	1,0	0,0	89,7	90,0

Berechnungsergebnisse

Bez.	Name	Schattenwurf, "worst case"		
		Gesamtdauer Anzahl der Tage Schattendauer, Maximum mit Schatten		
		[Std/Jahr]	[Tage/Jahr]	[Std/Tag]
A	Immissionsort "A"	50:04	75	0:52
B	"	83:04	116	0:58
C	"	9:24	30	0:22
D	"	43:58	96	0:40
E	"	0:00	0	0:00
F	"	16:34	52	0:22
G	"	7:10	36	0:16
H	"	5:56	24	0:18
I	"	14:04	60	0:18
J	"	13:46	46	0:22
K	"	0:00	0	0:00

Abb.: Möglicher Beschattungsbereich einer großen Windenergieanlage (WEA)

