

Schattenwurf von Windenergieanlagen: Wird die Geräuschabstrahlung der MW-Anlagen in den *Schatten* gestellt?

Shadow Impact on the surrounding of Wind Turbines

Osten, Tjado; Pahlke, Thomas; DEWI

Summary

The planning phase of large scale wind turbines in Germany, especially of the MW-class, was accompanied by a considerable increase of demands for the assessment of shadow impact. Annoyance of the people living in the neighbourhood of wind farms can be caused by the rotor blades passing the visible area of the sun at certain times of the day. Up to a wind turbine size of 500/600 kW, the noise radiation seemed to be the most deciding quantity to define the distance to be kept to houses in the neighbourhood of wind farms. For the new generation of MW-turbines, however, analysis of shadow impact is of similar importance.

According to various manufacturers, there is no significant increase of the sound power level of the present MW-turbines compared to the previous family of 500/600 kW turbines. Hence, there would be no considerable enhancement of the distance between wind turbines and houses in order to agree with the noise immission limits. However, as the rotor area of a typical MW-turbine is more than twice as large as the rotor area of a 500/600 kW turbine, the periods of shadow impact may also increase by a factor of two.

As a consequence, the assessment of shadow impact will play a deciding role within future planning of wind farms. At the present stage, there are no harmonized guidelines concerning the assessment and no unified immission limits of shadow impact are given by the authorities of the federal states of Germany.

The computer programme developed by DEWI is presently adapted to the different demands of the clients and authorities. Some aspects concerning the definition of the area around a wind turbine affected by shadow impact are discussed in this article.

1. Einleitung

Die Planungsphase der ersten Windparks mit Anlagen der MW-Klasse wurde begleitet von einem deutlichen Anstieg der Nachfrage bezüglich Schattenwurfberechnungen für die nächstgelegene Wohnbebauung. War bislang die Schallabstrahlung der Windenergieanlagen (WEA) ein limitierender Faktor hinsichtlich einzuhaltender Abstände, kommt mit zunehmender Anlagengröße der Schattenwurfproblematik eine immer größer werdende Bedeutung zu. Vor dem Hintergrund, daß die MW-Anlagen den derzeitigen Herstellerangaben zufolge aufgrund der ständigen Weiterentwicklung eine nur unwesentlich höhere Schallabstrahlung gegenüber den Anlagen der 500/600 kW-Klasse aufweisen, ergeben sich - zumindest aus lärmtechnischer Sicht (Einhaltung der Immissionsrichtwerte) - kaum größere Abstände zu den Immissionspunkten. Da sich die Rotorfläche einer typischen 1,5 MW-Anlage gegenüber einer 500/600 kW-Anlage jedoch mehr als verdoppelt, können sich bei gleicher Entfernung die jährlichen Beschattungszeiten von Wohnhäusern in gleichem Maße erhöhen. Den Schattenwurfanalysen kommt somit insbesondere bei den Windenergieanlagen der MW-Klasse eine entscheidende Bedeutung zu.

2. Fehlende Regelwerke bezüglich des Schattenwurfs von WEA

Im lärmtechnischen Bereich existieren seit langem Regelwerke, die im Planungsstadium von Windenergieprojekten Berücksichtigung finden (z. B. VDI 2058 /1/). Die Verfahren zur akustischen Vermessung von WEA wurden von den Meßinstituten DEWI, WINDconsult und WINDTEST KWK harmonisiert und im kontinuierlichen Gespräch mit den Immissionsschutzbehörden der Länder auf die deutschen Immissionsschutzbelange abgestimmt (*Technische Richtlinie /2/*). Hinsichtlich des Schattenwurfs dagegen existiert derzeit keine länderübergreifende Festlegung von Grenzwerten. Zudem ist eine Vereinheitlichung einiger grundlegender Berechnungsansätze erforderlich.

In einer Absprache des Unterausschusses „Recht“ des LAI (Länderausschuß für Immissionsschutz) während seiner Sitzung vom 14.-16.01.1998 werden sowohl Schattenwurf als auch Lichtreflexionen

(„Disco-Effekt“) von WEA als Emission bzw. Immission angesehen, nicht dagegen die „bewegten Bilder“ der Rotoren. Während dem Auftreten von Lichtreflexionen bereits bei der Herstellung von Rotorblättern durch entsprechende Vermeidung von glänzenden Oberflächen vorzubeugen ist, werden bezüglich des Schattenwurfes weiterhin Berechnungen nötig sein. Einheitliche Vorgaben von den Landesbehörden sind in diesem Zusammenhang dringend erforderlich, denn derzeit herrscht Verunsicherung bei Planern sowie bei den Genehmigungsbehörden der Landkreise bzw. Städte.

Angesichts dieser Problematik ergriff das Staatliche Umweltamt Schleswig die Initiative, organisierte einen Ringversuch von Schattenwurfberechnungen zwecks Evaluierung der z. T. unterschiedlichen Vorgehensweisen und lud die beteiligten Ingenieurbüros und Institute (u. a. das DEWI) im Frühjahr '98 zu weiterführenden Gesprächen mit Hinblick auf die Erörterung vereinheitlichter Berechnungsansätze ein. Das nächste Treffen wird in Kürze stattfinden.

3. Die Frage nach dem Einwirkungsbereich

Eine häufig von Interessierten gestellte Frage lautet: Bis zu welchen Entfernungen zu Windenergieanlagen sind Wohnhäuser von Schattenwurf der Rotorblätter betroffen? Dazu sei zunächst beispielhaft eine Übersicht von dem beeinflussten Gebiet gegeben. Abb. 1 zeigt eine Jahresübersicht der Schattenpunkte der Rotoroberkante einer WEA (am 53. Breitengrad) mit einer Gesamthöhe von 100m, wie sie für eine heutige 1,5MW-Anlage typisch ist. Die Schattenpunkte für ein ganzes Jahr sind in 10-Minuten-Schritten in einem Raster (Entfernungsangaben in Meter) dargestellt. Aus der relativen Dichte der Punkte kann überschlägig auf die Schattenwurfhäufigkeit geschlossen werden. Die beiden parabelartigen Schattengrenzen im Norden der Anlage entsprechen den Daten der Winter- bzw. Sommersonnenwende (23. Dezember bzw. 21. Juni).

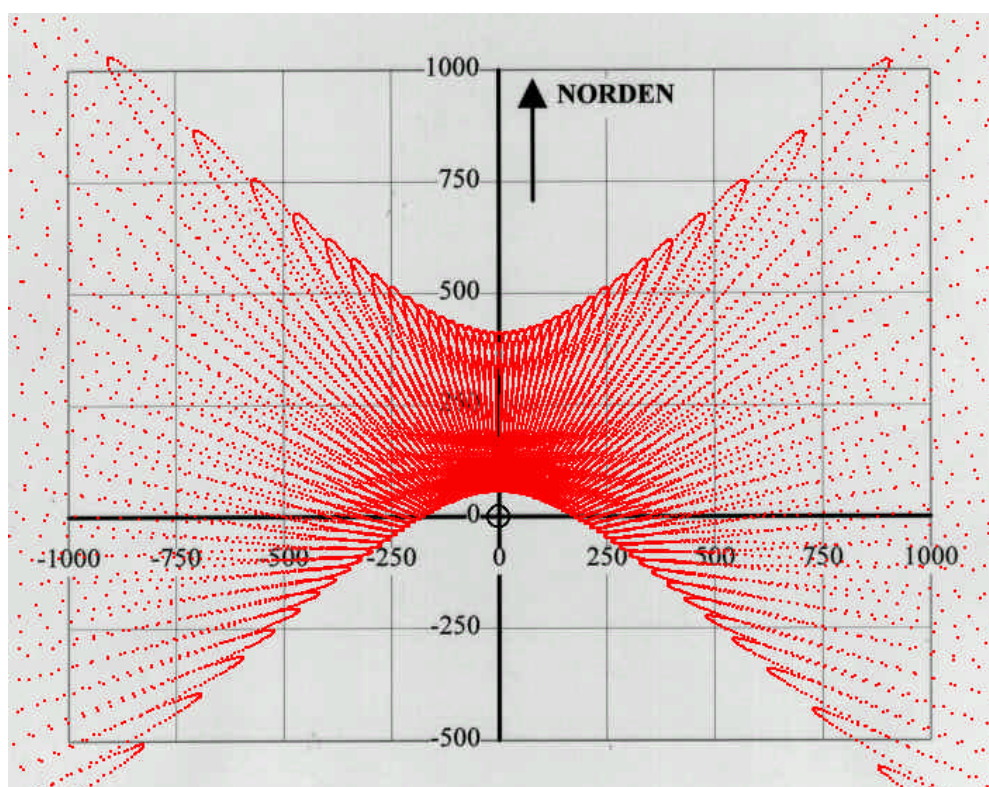


Abb. 1: Schattenpunkte der Rotoroberkanten einer WEA mit einer Gesamthöhe von 100m (Entfernungsangaben in Meter) für ein ganzes Jahr in 10-Minuten-Schritten

Fig. 1: The figure identifies the area around a wind turbine (total height: 100m) affected by the throw of shadow. The spots represent the shadow of the highest point of the wind turbine (hub height plus rotor radius), valid for 53° of latitude and calculated in time steps of 10 minutes. The two parabolic edges of the shadow area represent the data of the solstice (21 June, 23 December).

Zwar nehmen die Schattenwurfzeiten mit zunehmender Entfernung deutlich ab, bei rein geometrischer Betrachtung jedoch reicht der Schattenwurf bei Sonnenauf- bzw. -untergang zunächst einmal „unendlich weit“. In diesem Zusammenhang sind jedoch folgende Sachverhalte zu berücksichtigen:

- Bei sehr niedrigen Sonnenständen (kurz nach Sonnenaufgang bzw. kurz vor Sonnenuntergang) reicht das Verhältnis der Intensitäten von direkter Sonnenstrahlung und diffuser Strahlung aufgrund der Trübung der Atmosphäre in der Regel nicht aus, um deutliche Schatten zu erzeugen. Es erscheint folglich sinnvoll, einen Grenzwinkel zu definieren, bei dessen Unterschreitung kein relevanter Schattenwurf mehr zu erwarten ist. Aus diesem Grenzwinkel könnte schließlich, abhängig von der Gesamthöhe der WEA, eine Entfernung abgeleitet werden, ab welcher aufgrund der abgeschwächten Sonnenstrahlung mit keinem relevanten Schattenwurf mehr zu rechnen ist (s. Abb.2). Bei einem Grenzwinkel von beispielsweise 3° (welcher bei der o. g. Sitzung im Staatlichen Umweltamt Schleswig ins Gespräch gebracht wurde) ergibt sich für eine MW-Anlage von 100m Gesamthöhe eine Entfernung von rund 1900m. Dieser Wert liegt jedoch weit außerhalb des Kernschattenbereiches (Bereich 100%-iger Verdeckung der Sonnenfläche durch das Rotorblatt), was zu der nächsten Überlegung führt:
- Es ist zu untersuchen, ob auch bei ausreichender Intensität der direkten Sonnenstrahlung in größeren Entfernungen zu den WEA noch deutliche Hell-Dunkel-Schwankungen auftreten, wenn nur noch ein Bruchteil der Sonnenfläche durch die Passage eines Rotorblattes verdeckt wird. Der prozentuale Anteil der vom Rotorblatt verdeckten Sonnenfläche in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Betrachter und Blattsegment ist für verschiedene Blattiefen in Abb. 3 gezeigt. In der o. g. Entfernung von 1900m wird die Fläche der Sonne von einem Blattsegment mit beispielsweise 2m Tiefe (entspricht etwa der mittleren Profiltiefe einer MW-Anlage) nur noch zu ca. 14% verdeckt, es liegt also lediglich diffuser Schatten vor.
Bei entsprechenden Untersuchungen ist zu beachten, daß sich bei gleicher Entfernung Hell-Dunkel-Schwankungen in Wohnräumen unter Umständen wegen des niedrigeren Anteils an diffuser Strahlung deutlicher bemerkbar machen können als im Freien.

Genauere Aufschlüsse hinsichtlich der Definition des Einwirkungsbereiches müssen Vorortuntersuchungen geben. Bei derartigen Untersuchungen stellt sich jedoch grundsätzlich die Frage der Finanzierung. Die derzeitigen Chancen auf eine finanzielle Förderung von Forschungsprojekten sind in Deutschland sehr gering, selbst wenn aus praktischer Sicht großer Bedarf besteht.

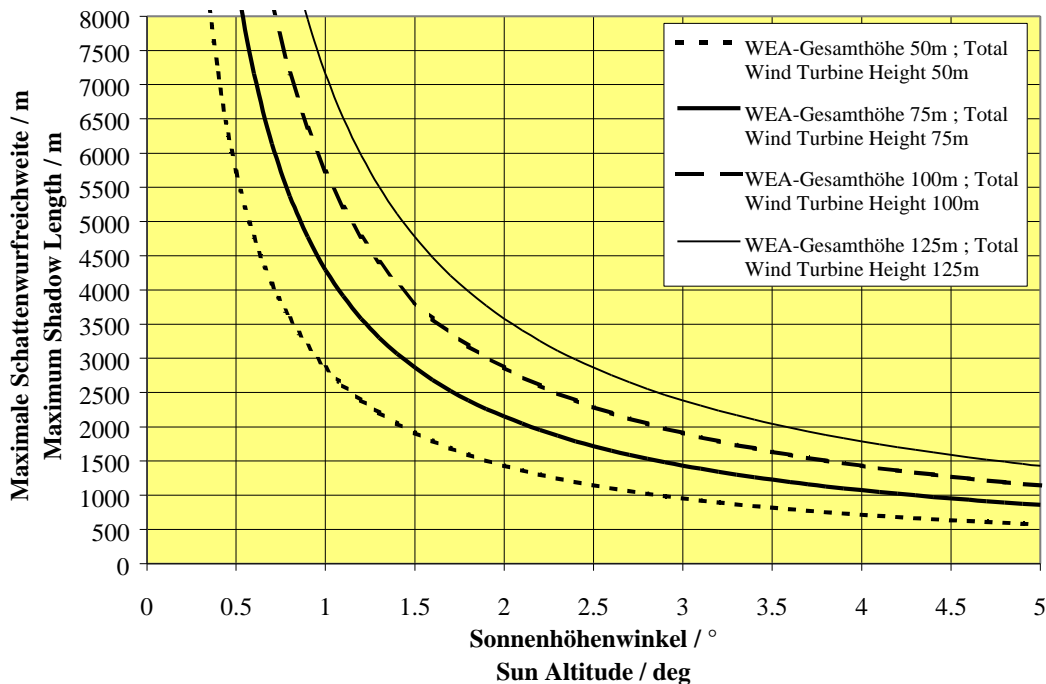


Abb. 2: Schattenreichweite (theoretisch) in Abhängigkeit vom Sonnenhöhenwinkel für verschiedene WEA-Gesamthöhen

Fig. 2: Shadow length as a function of sun altitude for different sizes of wind turbines. It must be taken into account that for sun altitudes below approximately 3° no significant shadow impact is expected because of the low intensity of solar radiation.

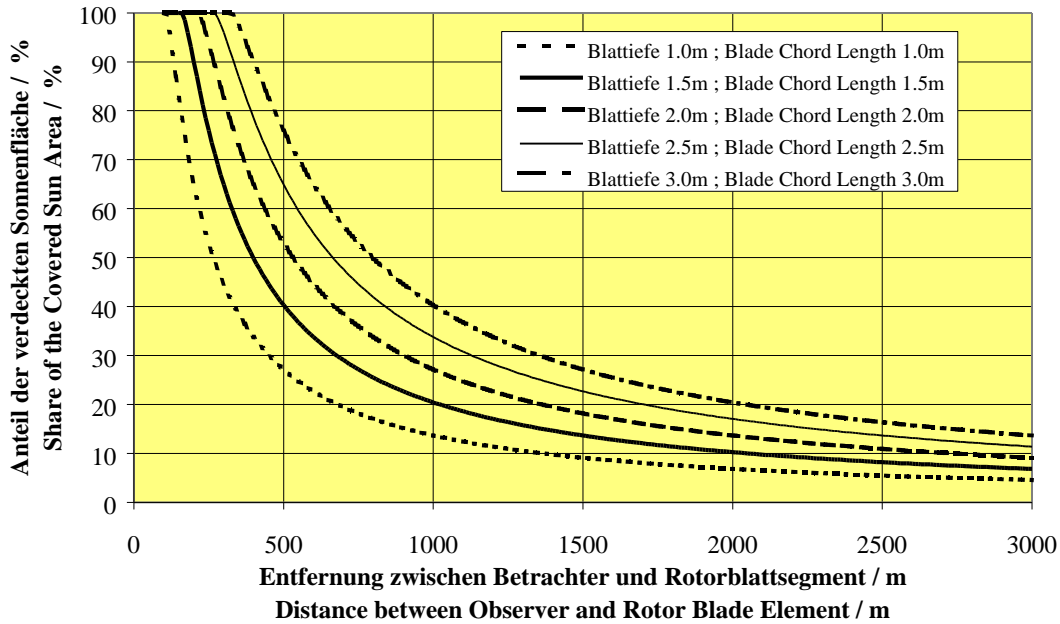


Abb.3: Prozentualer Anteil der vom Rotorblatt verdeckten Sonnenfläche in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Betrachter und Blattsegment für verschiedene Blattiefen

Fig.3: Percentage of the sun area covered by the rotor blade as a function of the distance between the observer and the blade element. Complete shadow (100% coverage of the sun area) can be expected at distances below approximately 107 times the chord length. At large distances from the wind turbine the shadow impact will loose more and more of its intensity because of the low percentage of the covered sun area.

4. Immissionsgrenzwerte

Hinsichtlich des Schattenwurfs existieren derzeit keine länderübergreifenden Immissionsgrenzwerte. In welchem Umfang die Wirkung von Flackerlicht im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes als erhebliche Belästigung oder Gefahr anzusehen ist, ist nicht abschließend festgelegt.

Die Festlegung der maximal zulässigen Einwirkdauer von Schattenwurf wird in der Regel an der theoretisch maximalen Beschattungsdauer festgemacht. Die theoretisch maximale Beschattungsdauer stellt den ungünstigsten Fall in Hinblick auf Schattenwurf dar, nämlich daß die Sonne an allen Tagen des Jahres scheint (fortwährend wolkenfreier Himmel) und die Windenergieanlage kontinuierlich in Betrieb ist, wobei die Rotorkreisfläche stets senkrecht zur Einfallrichtung der direkten Sonnenstrahlung steht. An dieser Stelle sollte erwähnt werden, daß Faktoren wie die relative Sonnenscheinhäufigkeit und die Windrichtungsverteilung am WEA-Standort sowie Anlagenstillstandszeiten (z. B. bei Flauten) die jährlichen Beschattungszeiten deutlich reduzieren können. An typischen norddeutschen Standorten reduzieren sich die wahrscheinlichen Beschattungszeiten auf meist weniger als 25% der theoretisch maximalen Jahreswerte.

Für die Bundesländer mit den derzeit höchsten Werten installierter Windleistung gelten derzeit folgende Regelungen bzw. Empfehlungen:

Das Niedersächsische Landesamt für Ökologie (NLÖ) gibt als Richtschnur an, daß die Jahressumme der theoretisch maximalen Beschattungsdauer nicht mehr als 3% der Jahressumme der theoretisch maximalen Sonnenscheindauer (ca. 4482 Std. für den 52. Breitengrad) betragen sollte. Bei den Schattenwurfberechnungen sind dabei Sonnenstände ab 0°, also auch Zeiten unmittelbar nach Sonnenaufgang bzw. vor Sonnenuntergang miteinzubeziehen. Es ergibt sich demzufolge ein theoretischer Wert für die maximal zulässige Beschattungsdauer von ca. 135 Stunden pro Jahr.

Gemäß den Angaben des Staatlichen Umweltamtes Schleswig gelten in Schleswig-Holstein derzeit als Jahressgrenzwert 30 Stunden sowie als Tagesgrenzwert 30 Minuten maximal zulässiger Beschattungsdauer. Bei der Berechnung werden dabei Sonnenhöhenwinkel > 3° zugrunde gelegt. In Nord

rhein-Westfalen wird dem Landesumweltamt zufolge als Empfehlung ein Jahreswert von höchstens 30 Stunden maximal zulässiger Beschattungsdauer angegeben.

5. Ausblick

Angesichts der häufigen Anfragen bezüglich Schattenwurfberechnungen wird die vom DEWI entwickelte Software derzeit erweitert bzw. flexibel gestaltet für die unterschiedlichen Anforderungen der Kunden bzw. Länder. Vorortuntersuchungen hinsichtlich der Einwirkung des Schattenwurfes von WEA sind dringend erforderlich.

Eine wichtige Frage, die aus immissionsschutzrechtlicher Sicht einer Klärung bedarf, ist zudem, mit welcher örtlichen Ausdehnung die Immissionsorte in den Berechnungen der Schattenwurfzeiten berücksichtigt werden müssen: Es ergeben sich selbstverständlich unterschiedliche Ergebnisse, je nach dem ob die Berechnungen für Immissionspunkte, vertikale Fenster- oder Gebäudeflächen oder auch horizontale Grundstücksflächen durchgeführt werden. Eine länderübergreifende Regelung solcher Berechnungsansätze ist ebenso wünschenswert wie die Festlegung einheitlicher Immissionsgrenzwerte. Auf dieser Basis sowie auf der Grundlage von Schattenwurfberechnungen kann dann gegebenenfalls eine automatische Abschaltung der WEA zu den relevanten Zeiten programmiert werden.

Die Schattenwurfproblematik soll in Kürze in eine Sitzung des Arbeitskreises für Lichtimmissionen des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) eingebracht werden.

6. Literatur

- [1] VDI-Richtlinie 2058, Blatt 1 „Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft“, September 1985
- [2] „Technische Richtlinien zur Bestimmung der Leistungskurve, der Schallemissionswerte und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen“, Fördergesellschaft Windenergie e.V. (FGW), Brunsbüttel, 01.04.1998