

Messtechnische Ermittlung der Ausbreitungsbedingungen für die Geräusche von hohen Windenergieanlagen zur Nachtzeit und Vergleich der Ergebnisse mit Ausbreitungsberechnungen nach DIN ISO 9613-2, Fortführung 2013

B. Eng. Justus Engelen¹

¹ Uppenkamp und Partner GmbH, 48683 Ahaus, E-Mail: jengelen@uppenkamp-partner.de

Einleitung

Den Hintergrund der Untersuchungen definiert das Bundes-Immissionsschutzgesetz [1]. Danach sind genehmigungsbedürftige Windenergieanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen, u. a. in Form von Geräuschen, nicht hervorgerufen werden können bzw. verhindert werden.

Kriterien zur Ermittlung und Beurteilung, dass die von Windenergieanlagen ausgehenden Geräusche keine schädlichen Umwelteinwirkungen hervorrufen können, sind in der TA Lärm [2] definiert, die hinsichtlich der Erstellung einer Geräuschimmissionsprognose, der darin verankerten Schallausbreitungsberechnung sowie der Unsicherheit der Prognose auf die DIN ISO 9613-2 [3] verweist. Die Entwicklung der hierin enthaltenen Berechnungsverfahren, dem frequenzselektiven (allgemeinen Verfahren) sowie dem nicht-frequenzselektiven (alternativen) Verfahren, erfolgte für bodennahe Quellen, infolgedessen sich Angaben zur geschätzten Genauigkeit der Verfahren auf den bodennahen Bereich bis max. 30 m über GOK beziehen. Moderne Windenergieanlagen verfügen jedoch über Nabenhöhen von mehr als 100 m.

Der Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) empfiehlt in [4], Geräuschimmissionsprognosen für Windenergieanlagen nach dem alternativen Verfahren durchzuführen, da es laut [5] entgegen dem frequenzselektiven Verfahren - dieses überschätzt die Bodendämpfung A_{gr} für hochliegende Quellen - höhere Immissionen für die Schallausbreitung hochliegender Quellen über Ackerboden und Wiesen prognostiziert.

Der so entstehende konservative Berechnungsansatz zzgl. eines in Summe mit mindestens $1,28 \sigma_{prog} = 1,9$ dB anzusetzenden Sicherheitszuschlags (Unsicherheit der Prognose, Nachweis der Richtwertehaltung mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 %) liefert einen aktuell nicht durch systematische Untersuchungen abgesicherten Prognoseansatz. Unterschätzt dieser die tatsächlichen Immissionen, ist der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen nicht sichergestellt. Überschätzt er die Immissionen, kann dieses zu unnötigen Drosselungen und damit Ertragsverlusten der Anlagen führen.

Die im Auftrag des LANUV NRW durchgeführte messtechnische Ermittlung der Ausbreitungsbedingungen für die Geräusche von hohen Windenergieanlagen dient insbesondere dem Zweck, belastbare Daten zur Qualität von Geräuschimmissionsprognosen hoher Windenergieanlagen zu erhalten und um folglich die Prognosequalität verbessern zu können.

Messbedingungen

Als Geräuschquellen kamen zwei Windenergieanlagen der 2 MW-Klasse mit einer Nabenhöhe von 100 m und einem Rotordurchmesser von 82 m zum Einsatz. Die Schallemissionen wurden zeitsynchron zu den Immissionsmessungen entsprechend der DIN EN 61400-11 erfasst.

Im Rahmen der ersten Untersuchung im Jahre 2012 wurden die Schallimmissionen in Mit- und Gegenwindrichtung in Abständen von jeweils 500 m, 750 m und 1.000 m auf einer Messhöhe von 5 m erfasst. Die Untersuchungen basieren auf in Summe mehr als 10 Stunden Datenmaterial aus insgesamt 10 Messnächten. Der Rahmen der Messungen wurde durch einen fremdgeräuscharmen Standort sowie eine erhöhte Rotordrehzahl und die damit verbundene, erhöhte Schallemission der Windenergieanlagen bei niedrigen Windgeschwindigkeiten von rund 6 m/s in 10 m Höhe gekennzeichnet, wodurch eine exakte Fremdgeräuschkorrektur an allen Messpunkten realisiert werden konnte.

Ergänzend zu den akustischen Messungen wurde ein SODAR-RASS-Messgerät eingesetzt, um das vertikale Höhenprofil des Windes und der Temperatur zu erfassen.

Fortführung der Untersuchungen im Jahr 2013

Die im Jahr 2012 durchgeführten Messungen deuteten in Mitwindrichtung auf eine mit zunehmendem Abstand systematische Unterschätzung der auftretenden Schallimmissionen hin [vgl. hierzu 6]. Da die während der Messungen dokumentierten höhenabhängigen Wind- und Temperaturprofile keine Auffälligkeiten zeigten, wurden als Untersuchungsgrundlage für die fortführenden Untersuchungen grundsätzlich drei unterschiedliche Ursachen für die Abweichungen zwischen Messung und Prognose formuliert:

- eine unzureichende Nachbildung der Bodenreflexion im Prognosemodell bei der Ausbreitungsberechnung von Geräuschen hoher Quellen nach dem alternativen Verfahren der DIN ISO 9613-2,
- eine zusätzliche Verbiegung des Windprofils durch den Rotor der Windenergieanlage,
- eine Richtcharakteristik der Schallabstrahlung von Windenergieanlagen

Die Fortführung der Untersuchungen im Jahre 2013 änderte das Messkonzept in der Hinsicht, als dass Messungen ausschließlich im Mitwindbereich in den genannten Abständen sowie zusätzlich unter Winkeln von 15°, 30° und 45° zur Ausbreitungsrichtung (Mitwindrichtung) bei einem Abstand von 750 m erfolgten.

Auswertung der Messungen

Emissionsseitig war aufgrund der örtlichen Nähe der beiden Windenergieanlagen eine Anpassung des Messverfahrens der DIN EN 61400-11 notwendig, um die gegenseitige, akustische Beeinflussung der Messungen zu korrigieren. Die hierzu notwendigen Messungen erfolgten jeweils unmittelbar vor den Schallausbreitungsmessungen. Im Rahmen der Auswertung wurden die Pegel der Schallimmission in Abhängigkeit von den messtechnisch ermittelten Pegeln der Schallemission mittels einer nach einem iterativen Verfahren bestimmten Dämpfungskonstante D_{konst} berechnet. Sie wurde so bestimmt, dass der mittlere quadratische Fehler ΔL_k zwischen den auf Basis der Emissionsmessergebnisse berechneten Immissionspegeln und den messtechnisch bestimmten Immissionspegeln minimal wurde. Fester Bestandteil der Dämpfungskonstante war dabei die jeweilige geometrische Abstandsämpfung A_{div} jeder einzelnen Windenergieanlage.

Berechnung der Schallimmission

Die Schallausbreitung wurde im ersten Schritt entsprechend den Empfehlungen des LAI zur Prognose der Geräusche von Windenergieanlagen nach dem alternativen Verfahren der DIN ISO 9613-2 berechnet. Die Berechnungen der Mitwindpegel $L_{\text{AT}}(\text{DW})$ in dB(A) wurden unter Berücksichtigung der vorhandenen Lufttemperatur und -feuchtigkeit sowie der gegebenen Abstände zwischen Emissionsquellen und Immissionspunkten durchgeführt. Da ausschließlich Mitwindpegel berechnet wurden, wurde auf die meteorologische Korrektur C_{met} verzichtet.

Die Messungen lieferten - bezogen auf die hier betrachteten Messpunkte in Mitwindrichtung - das folgende Ergebnis:

Tabelle 1: Mittlere Differenzen ΔL zwischen den gemessenen und nach dem alternativen Verfahren der DIN ISO 9613-2 berechneten Immissionspegeln

Messpunkt	ΔL in dB
Mitwind 500 m	1,0
Mitwind 750 m	2,7
Mitwind 1.000 m	3,6
Mitwind 750 m 15 Grad	2,0
Mitwind 750 m 30 Grad	1,4
Mitwind 750 m 45 Grad	0,2

Die Berechnung nach dem frequenzselektiven Verfahren der DIN ISO 9613-2 unter Berücksichtigung eines Bodenfaktors von $G = 0$ liefert das folgende Ergebnis:

Tabelle 2: Mittlere Differenzen ΔL zwischen den gemessenen und nach dem frequenzsel. Verfahren der DIN ISO 9613-2 mit $G = 0$ berechneten Immissionspegeln

Messpunkt	ΔL in dB
Mitwind 500 m	0,3
Mitwind 750 m	0,4
Mitwind 1.000 m	0,6
Mitwind 750 m 15 Grad	-0,2
Mitwind 750 m 30 Grad	-1,0
Mitwind 750 m 45 Grad	-2,2

Ergebnis der Untersuchungen

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Schallpegelabnahme im Mitwindbereich, wie unter Freifeldbedingungen üblich, auf ca. 6 dB je Abstandsverdopplung beläuft. Die Schallausbreitung folgt demnach den Gesetzmäßigkeiten der Kugellwellenausbreitung.

Hierauf aufbauend ist zu erkennen, dass die ermittelten Differenzen ΔL (Tabelle 1, alternatives Verfahren) in etwa der Beziehung $9 \cdot \log(d)$ gehorchen. Die Differenzen nehmen somit je Abstandsverdopplung um ca. 3 dB zu. Weiterhin zeigen die Differenzen ΔL (Tabelle 2, frequenzsel. Berechnungsverfahren mit $G = 0$), dass sich der Fehler auf $\Delta L < 1$ dB im untersuchten Abstandsbereich beschränkt, die berechneten Immissionspegel somit sehr gut mit der messtechnisch nachgewiesenen Ausbreitungssituation korrelieren.

Hinsichtlich einer Richtwirkung im Immissionsbereich zeigt sich, dass sich die Schallpegelabnahme unter Winkelvergrößerung im Bereich zwischen 0° und 45° gegen die Ausbreitungsrichtung auf ca. 1 dB/15° beläuft. Diese Schallpegelabnahme ist nicht allein mit der in [7] beschriebenen, emissionsseitigen Richtwirkung zu begründen, da diese unter einem 45° -Winkel nur Werte von ca. 1 dB annimmt.

Fazit und Ausblick

Abschließend ist festzuhalten, dass die ermittelten Differenzen durch die nicht einwandfreie Modellierung der Bodendämpfung A_{gr} bei der Berechnung der Schallausbreitung von hohen Windenergieanlagen verursacht werden. Hieraus resultierend könnte ein noch zu ermittelnder Sicherheitszuschlag zukünftig abstandsabhängig berechnet werden.

Literatur

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz, Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnlichen Vorgängen
- [2] Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm, Sechste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum BImSchG
- [3] DIN ISO 9613-2, Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren
- [4] Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windenergieanlagen, Hinweise des Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI)
- [5] Weniger Lärm durch Auswahl eines geeigneten Prognosemodells?, D. Piorr in: Jahresbericht des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen, 2000.
- [6] Experimental evaluation of the propagation conditions for sounds of wind turbines at night in comparison with calculations according to DIN ISO 9613-2, Justus Engelen, AIA-DAGA 2013
- [7] Ausnutzung der Richtcharakteristik zur Ertragssteigerung von Windenergieanlagen an vorbel. Standorten, O. Bunk, Lärmbekämpfung Bd.9 (2014) Nr.1