

Bestimmung des Schalleistungspegels von Windenergieanlagen mit einem modifizierten Verfahren

Sergio Martinez, Florian Fennel

TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Köln, E-Mail: Florian.Fennel@de.tuv.com

Einleitung

Zur Bestimmung des „scheinbaren“ Schalleistungspegels („apparent sound power level“) von Windenergieanlagen (WEA) wird ein genormtes Verfahren nach DIN EN 61400-11 (VDE-0127-11) [1] verwendet. Die neueste Fassung dieses Regelwerkes ist im September 2013 erschienen und soll die bisher angewandte Fassung von März 2007 ersetzen. Die neue Fassung fordert – mehr noch als die bisherige – in der Praxis eine sehr aufwendige Messung. Sie besitzt jedoch prinzipiell nur eine mittlere Genauigkeit, ist für ein klares Verständnis schwer nachvollziehbar und bedingt ein ungewöhnlich schwieriges und zeitaufwendiges Verfahren und eine äußerst komplexe Datenanalyse [3]. Eine Anwendung – mit Ausnahme einer Herstellerzertifizierung – scheint im Vollzug von Genehmigungsverfahren kaum möglich. Es ist angebracht, auf einige – z.T. bereits bekannten – Aspekte hinzuweisen, die die Anwendbarkeit in Frage stellen und auf die z.B. bereits bei der Veröffentlichung [2] hingewiesen wurde.

Messungen nach [1]. Problematik

Nachfolgend werden exemplarisch typische (eigene) Messergebnisse nach [1] an WEA angegeben. Es handelt sich dabei um eine WEA mit einer elektrischen Nennleistung von $P = 2$ MW, einer Nabenhöhe $N_H = 100$ m und einem Rotordurchmesser $R_D = 92$ m. Die WEA wird in einem Rotordrehzahlbereich von etwa $U_R = 8 - 15$ Umin^{-1} betrieben. Die WEA wurde bei den Schallpegelmessungen in vier Betriebszuständen betrieben. Der Betriebszustand mit dem höchsten Schalldruckpegel entsprach dem offenen Betrieb der WEA bei einer elektrischen Nennleistung von $P = 2$ MW. Die anderen Messungen erfolgten in vom Hersteller angegebenen standardisierten schall- und leistungsreduzierten Betriebszuständen mit geringeren Nennleistungen P und reduzierten maximalen Rotordrehzahlen U_R . Die Messungen erfolgten nacheinander innerhalb eines Tages und es wurden verschiedene Zeitabschnitte des Zustandes „WEA Außer Betrieb“, d.h. Fremdgeräuschmessungen, durchgeführt. In der nachfolgenden Abbildung 1 haben wir die Korrelation nach [1] aller gemessenen Schalldruckpegel (10s-Mittelwerte des L_{pA}) am Referenzmesspunkt (RMP) mit der Windgeschwindigkeit dargestellt. In diesem Fall ist abweichend von [1] die Windgeschwindigkeit v_H ($H=100$ m) gemäß der Anzeige des Gondelanemometers herangezogen worden. Die L_{pA} - Messergebnisse mit der WEA in Betrieb zeigen statistisch eine sehr schwache Korrelation mit der Windgeschwindigkeit v_H . Auch die statistische Korrelation der Variable v_H mit dem Schalldruckpegel im Zustand mit „WEA außer Betrieb“ ist schwach.

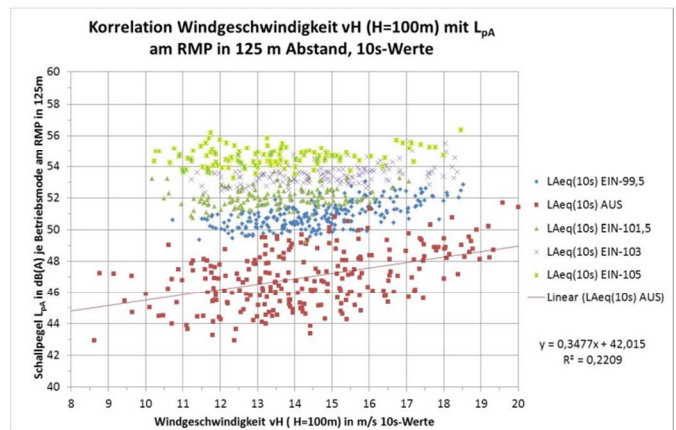


Abbildung 1: Messungen an einer WEA in vier Betriebszuständen mit jeweils verschiedener Rotordrehzahl.

Eine Betrachtung der Messdaten - *unabhängig von der Vorgehensweise nach der DIN EN 61400-11 [1]* - unter statistischen Gesichtspunkten liefert folgende Erkenntnisse:

- Die Schalldruckpegel L_{pA} schwanken innerhalb enger Grenzen je nach dem eingestellten Betriebszustand. Die Schwankungsbereiche überlappen nur an den "Rändern", d.h. die jeweiligen Mittelwerte je Betriebszustand sind signifikant voneinander zu unterscheiden.
- Die Fremdgeräuschkorrektur kann generell auf alle Zustände einheitlich angewandt werden.

Es ergibt sich die methodische Frage, ob die Heranziehung von anderen messbaren Parametern das Problem der niedrigen Korrelation mit v_H zu lösen vermag. Um die Problematik eines alternativen Verfahrens zu verdeutlichen, wird in den nachfolgenden Abbildungen 2 bis 5 der eigentliche Katalog von Messwerten aus den jeweiligen Messungen zusammengetragen. Im Wesentlichen wird hier eine andere „Sortierung“ der Messdaten durchgeführt. Zum besseren Verständnis der simultan erhobenen Messdaten werden die Verteilungsdichtefunktionen der jeweiligen Variablen dargestellt. Sie sind nicht unabhängig voneinander. Im Prinzip ist es zulässig die Korrelation von jeder Variablen mit einer anderen zu bilden.

Die Abbildung 2 zeigt, dass die Variable Windgeschwindigkeit - bei den vier untersuchten Betriebszuständen - Werte zwischen 9 m/s bis ca. 18 m/s aufweist, d.h. der schalltechnisch relevante „Betriebsbereich“ der WEA gemäß den Leistungskurven ist abgedeckt. Die Abb. 3 zeigt, dass bei allen Betriebszuständen – auch bei schall- und leistungsreduzierten Betriebsmodi – die Ansteuerung der WEA mit Begrenzung der Drehzahl U_R einen massiven Eingriff bezüglich der Korrelation dieser Größe mit der Windgeschwindigkeit bewirkt. Andererseits ist damit die

Korrelation der Drehzahl mit der Leistung der WEA (Abb. 4) je Betriebszustand eindeutig. Die Messdaten für die jeweiligen Betriebszustände ergeben eine relativ konstante Rotordrehzahl U_R innerhalb einer Schwankungsbreite von etwa $\pm 0,5 \text{ Umin}^{-1}$.

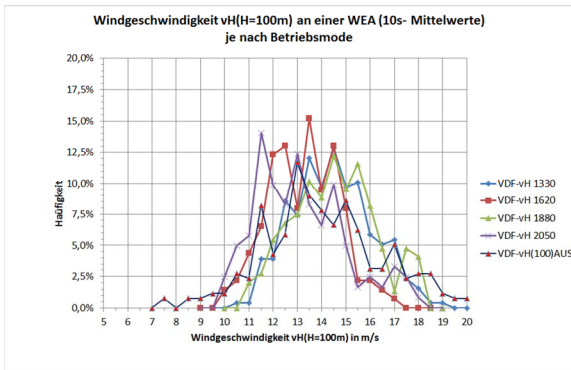


Abbildung 2: Windgeschwindigkeit v_H (H=100m)

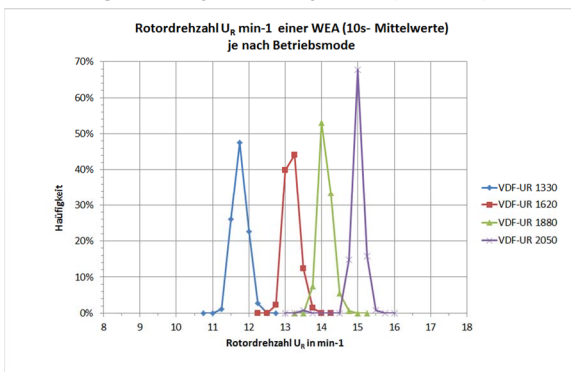


Abbildung 3: Rotordrehzahl U_R je Betriebszustand

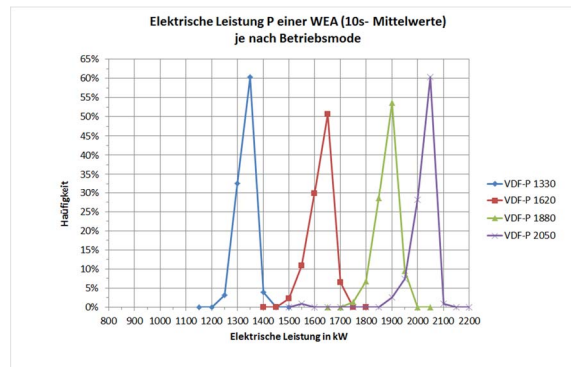


Abbildung 4: Elektrische Leistung P je Betriebszustand

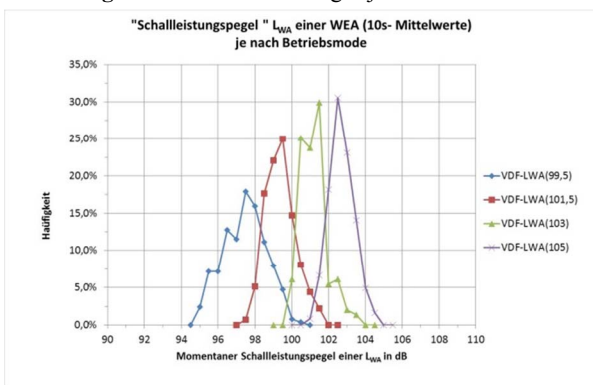


Abbildung 5: L_{WA} je Betriebszustand

Der Parameter U_R erweist sich somit als bestimmend für den gesamten Betriebszustand. Die Abb. 5 zeigt die Verteilung der aus den (fremdgeräuschkorrigierten) Messdaten gem.

Abb. 1 sich ergebenden „scheinbaren Schalleistungspegel“ L_{WA} der WEA in den verschiedenen Betriebszuständen. Diese Verteilungen weisen eine Standardabweichung des jeweiligen energetischen Mittelwertes von ca. 0,7 dB(A) bis 1,2 dB(A) auf. Die Mittelwerte sind sehr genau. Sie haben einen sehr engen statistischen Vertrauensbereich. Werden die Betriebszustände als Ganzes betrachtet, z.B. auf der Basis der gemeinsamen Auswertung der Abb. 3 und Abb. 5 so ergibt sich in diesem Fall die in den nachfolgenden Abb. 6 dargestellte Korrelation.

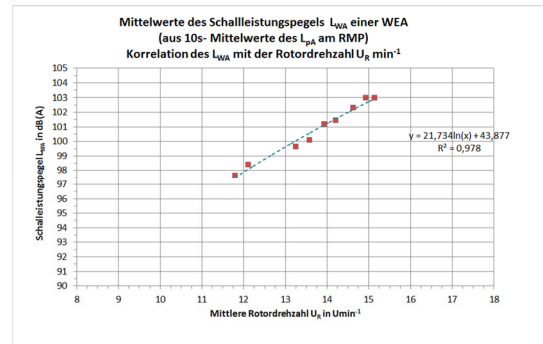


Abbildung 6: Korrelation zwischen dem mittleren Schalleistungspegel L_{WA} in dB bei vier Betriebszustände und der Rotordrehzahl (Auswertung mittels Klassen der Rotordrehzahl U_R (Klassenbreite $0,25 \text{ Umin}^{-1}$)) während des jeweiligen Messabschnittes

Die dargestellte Korrelationsfunktion ergibt eine Abhängigkeit des Schalleistungspegels L_{WA} von der Rotordrehzahl (spezifisch also für die vermessene WEA) gemäß einem Exponenten von 5. Der Korrelationskoeffizient ist damit sehr hoch.

Fazit

Die Messungen zeigen auf, dass wenn bei der Betriebsweise der WEA ein schalltechnisch relevanter Parameter konstant gehalten wird, sich ein diesbezüglich quasistationärer Zustand der WEA einstellt. Dieser Zustand ist mit hoher Genauigkeit im Betrieb reproduzierbar. Diese Art der Auswertung entspricht hochkorreliert der „Akustik“ der WEA. Damit liegen ausgezeichnete Bedingungen vor, um mit einem alternativen fundierten Nachweisverfahren jeden Betriebsmodus schalltechnisch zu vermessen. Der „anströmende Wind“ gehört nicht zu der Parameterkategorie „einstellbar“.

Literatur

- [1] DIN EN 61400-11 (VDE 0127-11): 2007-03 Windenergieanlagen – Teil 11 : Schallmessverfahren (IEC 61400-11:2002 + A1:2006); Deutsche Fassung EN61400-11:2003+A1:2006
- [2] Zheng Hu, S. Martinez, W. Kurtz, Messverfahren zur Bestimmung der Geräuschemission von Windenergieanlagen, Lärmbekämpfung 5 (2010), S. 130-138
- [3] C. Hantschk, IMAGINE, Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment, Measurement Methods, WO: Industrial noise; Ref. File: IMA07TR-050418-MBBM03.doc (IEC 61400-11) Datum: 20. 07. 2005.