



Zum Untersuchungsvorhaben „Spektrenvarianz“

Dipl.-Ing. Detlef Piorr (LANUV NRW)

Die Geräuschprognose der Geräuschimmissionen von Windenergieanlagen beruht in der Regel auf dem in einem oder mehreren Messberichten dargestellten Geräuschemissionsverhalten, insbesondere auf dem A-bewerteten Schalleistungsspektrum für diejenige Windgeschwindigkeit, bei welcher der höchste L_{WA} -Wert auftritt. Für typvermessene Anlagen, zu deren Geräuschverhalten wenigstens 3 unabhängige Messberichte vorliegen müssen, wird in der Geräuschprognose die Unsicherheit der Emissionsdaten (Serienstreuung σ_P und Messunsicherheit σ_R) berücksichtigt. Im Zusammenhang mit der Übernahme des „Interimsverfahrens“ [1] als Prognosemodell in die „LAI-Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen“ [2] wurde die Frage untersucht, welche Streuungen die Oktav-Schalleistungspegel im Betriebspunkt maximaler Schallemission zwischen verschiedenen Windenergieanlagen desselben Typs in derselben Betriebsweise und identischem Betriebspunkt aufweisen. Muss diese Streuung im Rahmen der Betrachtung der Unsicherheit der Prognose durch einen extra Term berücksichtigt werden? Da hierzu keine Aussagen in der DIN SPEC 45660-1 [3] vorhanden sind, wurde diese Frage anhand von 3 Windenergieanlagentypen der 3 bis 4 MW-Klasse im Rahmen des Untersuchungsvorhabens „Spektrenvarianz“ im Auftrag des LANUV NRW durch die Kötter Consulting Engineers untersucht. Die Ergebnisse sind im Detail in dem folgenden „Schalltechnischen Bericht“ dargestellt.

Die betrachteten Anlagentypen waren pitch-gesteuert. Zu jedem der drei Anlagentypen (A bis C) lagen jeweils 9 Messberichte (von unterschiedlichen Standorten) vor. Tabelle 1 zeigt die Standardabweichungen für die einzelnen Oktav-Schalleistungspegel sowie die Standardabweichungen der Gesamtschalleistungspegel L_{WA} .

Tabelle 1: Standardabweichungen der Oktav-Schalleistungspegel und der L_{WA} -Werte

	Standardabweichungen [dB] der Oktav-Schalleistungspegel der Mittenfrequenz in Hz								$\sigma(L_{WA})$
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
A	0,56	0,54	0,48	0,37	0,62	0,40	1,92	4,64	0,29
B	1,19	1,20	0,77	0,40	0,54	1,25	2,99	3,06	0,22
C	1,65	1,69	1,12	0,44	0,56	0,73	2,05	4,28	0,37

Wie zu erwarten war, sind die Standardabweichungen der Oktav-Messergebnisse größer als die Standardabweichungen der Gesamtschalleistungspegel. Anhand der Original-Schalleistungsdaten kann gezeigt werden, dass die Standardabweichung für jeden Typ größer ist als derjenige Wert, der aus den Oktav-Messergebnissen unter dem Ansatz, dass die Messergebnisse in den einzelnen Oktaven statistisch unkorreliert sind, nach Gleichung (12) der Veröffentlichung von Probst und Donner [4] berechnet wird. Sie sind aber niedriger als diejenigen Werte, die unter dem Ansatz, dass die Messunsicherheiten der Schalleistungspegel der Oktavbänder korreliert sind, nach Gleichung (28) der DIN EN 61400-11 [5] berechnet werden.

Aus Sicht des Immissionssschutzes ist von Interesse, wie sich die Produkt-Standardabweichung (Serienstreuung) σ_P immissionsseitig auf den Beurteilungspegel auswirkt. Ist es ausreichend, die Serienstreuung bei der Prognose oder im Rahmen von emissionsseitigen Abnahmemessungen und anschließenden Ausbreitungsrechnungen durch den Wert der Standardabweichung für den Gesamtschalleistungspegel zu berücksichtigen oder ist eine differenzierte, frequenzabhängige Vorgehensweise empfehlenswert? Zur Klärung dieser Frage wurden mit den Oktavspektren der jeweils 9 Windenergieanlagen pro betrachtetem WEA-Typ Ausbreitungsrechnungen nach dem Interimsverfahren für Ausbreitungsabstände zwischen 500 m und 2000 m durchgeführt. Tabelle 2 zeigt die Standardabweichungen der auf Basis von jeweils 9 unterschiedlichen Spektren berechneten Immissionspegeln für die Entfernungen 500 m, 1000 m, 1500 m und 2000 m. Diese Standardabweichungen werden in der Tabelle 2 als $\sigma(L_r)$ bezeichnet.

Die großen Werte der Standardabweichungen der Emissionen bei 4 kHz und 8 kHz nach Tabelle 1 sind für die Immissionspegel von geringer Bedeutung, da die entsprechenden Geräuschanteile den L_{WA} -Wert emissionsseitig kaum bestimmen und diese Frequenzanteile außerdem während der Ausbreitung aufgrund der frequenzabhängigen Luftabsorption stark gemindert werden.

In der Tabelle 2 ist als Kenngröße für die Serienstreuung σ_P angegeben, abgeschätzt als die Standardabweichung aus den 9 aus den Messberichten entnommenen Schalleistungspegel L_{WA} . Im

Rahmen von Prognosen wird bei der Betrachtung der Unsicherheit der prognostizierten Immissionspegel die Unsicherheit der Emissionsdaten durch die Unsicherheit der Serienstreuung und die typische Messunsicherheit der Emissionsmessungen σ_R berücksichtigt. Die aus beiden Unsicherheiten kombinierte Standardunsicherheit $\sigma_{P\&R}$ der Emissionsdaten ist unter Ansatz des Standardwertes von $\sigma_R = 0,5$ dB in Tabelle 2 angegeben. Es gilt:

$$\sigma_{P\&R} = \sqrt{\sigma_P^2 + \sigma_R^2} \quad (1)$$

Tabelle 2: Emissionsseitige Standardabweichung σ_P , immissionsseitige Standardabweichungen $\sigma(L_r)$ sowie die kombinierte Standardabweichung $\sigma_{P\&R}$

Hersteller	A	B	C
σ_P [dB]	0,29	0,22	0,37
$\sigma_{P\&R}$ [dB]	0,58	0,55	0,62
	Std.Abw. $\sigma(L_r)$ [dB]		
500 m	0,29	0,27	0,39
1000 m	0,29	0,27	0,41
1500 m	0,28	0,32	0,47
2000 m	0,29	0,36	0,56

Tabelle 2 zeigt, dass die aus den berechneten Immissionspegeln L_r bestimmten Standardabweichungen $\sigma(L_r)$ stets kleiner sind als die für die Emissionsdaten auf Basis der Serienstreuung σ_P und der Messunsicherheit der Emissionsmessungen σ_R berechneten kombinierten Standardabweichungen $\sigma_{P\&R}$. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die in der derzeitigen Praxis angewandte Unsicherheitsbetrachtung bezüglich der möglichen Auswirkungen der Schwankungen der Spektren innerhalb einer Serie aus Sicht des Immissionsschutzes konservativ, also „auf der sicheren Seite liegend“ ist. Eine zusätzliche Berücksichtigung der Spektrenvarianz ist daher im Rahmen der Abschätzung der Unsicherheit der Prognose nicht erforderlich.

Literatur:

[1] Dokumentation zur Schallausbreitung: Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1,

<https://www.din.de/blob/187138/eb8abdf16f058490895cc3105f700533/interimsverfahren-data.pdf>

[2] Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA) – Stand 30.06.2016, veröffentlicht am 20.11.2017 auf den Internetseiten der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI)

[3] DIN SPEC 45660-1: Leitfaden zum Umgang mit der Unsicherheit in der Akustik und Schwingungstechnik – Teil 1: Unsicherheit akustischer Kenngrößen, Mai 2014

[4] Probst, W.; Donner, U.: „Die Unsicherheit des Beurteilungspegels bei der Immissionsprognose“ Z. f. Lärmbekämpfung, (2002)

[5] DIN EN 61400-11 Windenergieanlagen, Teil 11: Schallmessverfahren, September 2013