

# Messung tieffrequenter Geräusche von Windenergieanlagen: Vorstellung von Messresultaten und Vergleich der Auswertung nach DIN 45680:1997-03 und nach dem Entwurf E DIN 45680:2013-09

Michael Stalder, Henning Busch, Christian Haak  
Ingenieurbüro für Akustik Busch GmbH

## Einleitung

In den letzten Jahren sind Windenergieanlagen (WEA) durch den intensiven Ausbau von Windparks (WP) zunehmend an Wohngebäude herangerückt. Seitens der Anwohner bestehen oft Bedenken wegen möglicherweise auftretender Störungen durch tieffrequente Geräusche in den Wohngebäuden. Bisherige Messungen [4] haben gezeigt, dass die durch WEA verursachten tieffrequenten Geräusche in den Wohngebäuden normalerweise im Bereich der durch den Wind verursachten Hintergrundgeräusche liegen. Uns ist bisher kein Fall bekannt, bei dem durch die tieffrequenten Geräusche einer bestimmungsgemäß betriebenen WEA die Anhaltswerte der DIN 45680:1997-03 (DIN 45680) [1] überschritten wurden.

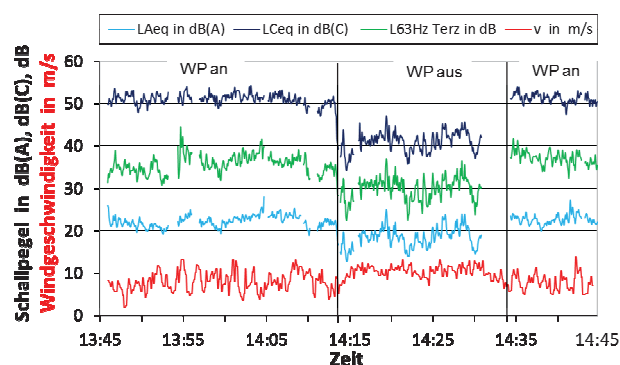
Die DIN 45680 [1] wurde in den letzten Jahren überarbeitet. Ein zweiter Entwurf E DIN 45680:2013-09 (E DIN 45680) [2] liegt vor. Im Fokus dieses Beitrages steht die Frage, ob die Auswertung nach E DIN 45680 [2] zu einer strengeren Beurteilung der Geräusche von WEA führt. Exemplarisch werden aktuelle Messresultate von durch WEA verursachten Geräuschen bei niedrigem Fremdgeräusch in den meistbetroffenen Wohnräumen vorgestellt. Die Auswertungen der gemessenen Geräusche nach DIN 45680 [1] und nach E DIN 45680 [2] werden verglichen. In einem Ausblick wird der Frage nachgegangen, ob die tieffrequenten Geräuschanteile von WEA in Zukunft genehmigungsrelevant werden.

## Messung tieffrequenter Geräusche eines Windparks im nächstgelegenen Wohngebäude

Die orientierenden Messungen wurden in einem ca. 500 m vom nächsten Windpark (WP) entfernten leerstehenden Wohngebäude durchgeführt. Der vor dem Gebäude ermittelte Schallpegel liegt bei ca. 45 dB(A) und entspricht damit dem Immissionsrichtwert für Mischgebiet. Die Schallexposition ist typisch für Wohngebäude in der Nähe von WPs. Die Messung der Geräusche wurde an einer üblichen Nutzerposition im meistbetroffenen Raum des Wohngebäudes durchgeführt. Subjektiv waren durch den Messenden beim Betrieb des WP keine auffälligen tieffrequenten Geräusche wahrnehmbar. Zeitgleich zu den Schallmessungen wurde an der nächstgelegenen WEA die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe gemessen.

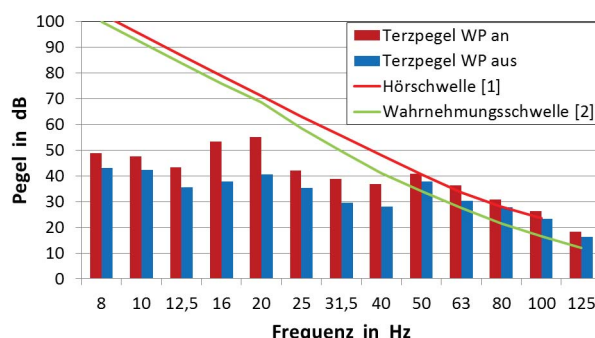
In Abbildung 1 ist der zeitliche Verlauf der im Gebäude gemessenen Schallpegel zusammen mit der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe dargestellt. Zur Ermittlung der tieffrequenten Geräusche des WPs und der durch den Wind verursachten Fremdgeräusche wurde mit ein- und ausgeschaltetem WP gemessen. Die Windgeschwindigkeit

war für beide Zustände vergleichbar. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die windinduzierten Fremdgeräusche korrekt erfasst wurden.



**Abbildung 1:** Zeitlicher Verlauf des im Gebäude gemessenen A- und C-bewerteten Schallpegels sowie des unbewerteten 63 Hz Terzpegels zusammen mit der Windgeschwindigkeit am Windmessmast (rot).

Der Einfluss des WP auf das Geräusch im Gebäude ist durch das Absinken insbesondere des C-bewerteten Pegels während der Fremdgeräuschmessung zu erkennen. Dies zeigt sich auch in den im Gebäude gemessenen tieffrequenten Terzpegeln (siehe Abbildung 2). Je nach Frequenzband verursacht der WP Pegelerhöhungen von etwa 3 dB bis über 10 dB. Im Bereich von 50 Hz bis 100 Hz liegen die Terzpegel des Gesamtgeräusches über der Hörschwelle nach DIN 45680 [1]. Der Störgeräuschabstand beträgt jedoch nur im 63 Hz Terzband mehr als 6 dB.



**Abbildung 2:** Im Gebäude gemessene lineare Terzpegel bei ein- und ausgeschaltetem WP zusammen mit der Hörschwelle nach DIN 45680 [1] und der Wahrnehmungsschwelle nach E DIN 45680 [2].

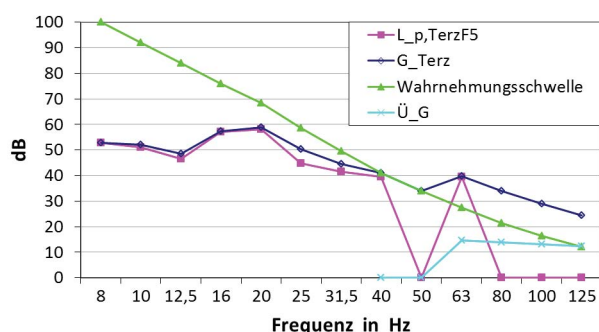
## Beurteilung nach DIN 45680 und E DIN 45680

Als Einstiegs-kriterium wird sowohl in der DIN 45680 [1] als auch in der E DIN 45680 [2] die Differenz zwischen dem C- und dem A-bewerteten Schallpegel herangezogen. Für die

oben beschriebene Messung liegt die Differenz bei ca. 25 dB. Damit ist nach beiden Vorschriften weiter auszuwerten. Dabei wird in der DIN 45680 [1] auf die Terzpegel  $L_{\text{Terz,r}}$  (abgeleitet von  $L_{\text{Terz,eq}}$ ), in der E DIN 45680 [2] jedoch auf die  $L_{\text{p,TerzF5}}$ , d. h. den 5% Terz-Überschreitungspegel im Bezugszeitraum, abgestützt.

Bei der Beurteilung nach DIN 45680 [1] ist zu prüfen, ob das Geräusch einzelntönig ist. Dies ist, wie aus Abbildung 2 ersichtlich, nicht der Fall. Der Summenpegel der Terzbänder, die die Hörschwelle überschreiten, liegt bei ca. 15 dB(A) und damit deutlich unter dem Anhaltswert  $L_r$  von 25 dB(A). Das zu beurteilende Geräusch ist damit im Sinne der DIN 45680 [1] nicht erheblich belästigend.

Bei der Beurteilung nach E DIN 45680 [2] wurden, um den Einfluss des Fremdgeräusches zu minimieren, die Terzbänder mit einem Störgeräuschabstand kleiner als 6 dB auf Null dB gesetzt. Die Mess- und Hilfsgrößen für die Auswertung sind in Abbildung 3 dargestellt.



**Abbildung 3:** Auswertung nach E DIN 45680 [2] mit den gemessenen Terzpegeln  $L_{\text{p,TerzF5}}$  der Wahrnehmungsschwelle, dem terzabhängigen Wert des Lautheitsspektrums  $G_{\text{Terz}}$  und der gewichteten Schwellenüberschreitung  $\ddot{U}_G$ .

Die gemessenen  $L_{\text{p,TerzF5}}$  Werte liegen in allen Terzbändern ca. 2 bis 3 dB über den in Abbildung 2 dargestellten  $L_{\text{Terz,eq}}$  Werten. Der Pegel im 63 Hz Terzband überschreitet die Wahrnehmungsschwelle deutlich. Oberhalb der 63 Hz Terz verläuft der terzabhängige Wert des Lautheitsspektrums  $G_{\text{Terz}}$  durch die Berücksichtigung der Flankenerregung parallel zur Wahrnehmungsschwelle. Die aus der energetischen Summe der gewichteten Schwellenüberschreitung  $\ddot{U}_G$  gebildete Kenngröße für tiefe Frequenzen  $H$  liegt bei 20. Damit wird der Anhaltswert  $A_H = 20$  für die Nacht gerade eingehalten. Das zu beurteilende Geräusch des WP ist damit gerade noch nicht erheblich belästigend im Sinne der E DIN 45680 [2].

Ein Vergleich der gemäß DIN 45680 [1] und E DIN 45680 [2] nachts maximal zulässigen Terzpegel  $L_{\text{Terz,r}}$  und  $L_{\text{p,TerzF5}}$  für einen pegelbestimmenden Einzelton ist in Tabelle 1 zusammengestellt. Die zulässigen  $L_{\text{p,TerzF5}}$  Pegel liegen bei den meisten Frequenzen etwa 3 dB über den  $L_{\text{Terz,r}}$  Pegeln. Diese Differenz erklärt sich weitgehend durch die unterschiedlichen Messgrößen. Das Einzeltonkriterium bleibt damit bei den meisten Frequenzen weitgehend unverändert. Nur bei 100 Hz ist das Einzeltonkriterium der E DIN 45680 [2] um ca. 3 dB verschärft. Bei 63 Hz ist es in gleicher Größenordnung abgeschwächt.

Betrachtet man im für WEA relevanten Frequenzbereich von 50 Hz bis 100 Hz die A-bewerteten maximal zulässigen Terzpegel  $L_{\text{p,TerzF5}}$  für Einzelöne, zeigt sich, dass diese frequenzunabhängig bei ca. 15 dB(A) liegen (grau hinterlegte Felder in Tabelle 1). Dies gilt in diesem Frequenzbereich in guter Näherung auch für ein breitbandiges Geräusch. Der im E DIN 45680 [2] gewählte nächtliche Anhaltswert  $A_H$  führt somit für WEA zu einem erlaubten maximalen A-bewerteten Summenpegel  $\Sigma L_{\text{p,TerzF5}}$  von ca. 15 dB(A) was einem äquivalenten Schallpegel von ca. 13 dB(A) im o. g. Frequenzbereich entspricht. Im Vergleich zu den nach DIN 45680 [1] bisher erlaubten 25 dB(A) für breitbandige Geräusch und auch gegenüber dem in der dänischen Richtlinie für den Lärm von WEA [3] festgelegten Wert von 20 dB(A) ist der gewählte nächtliche Anhaltswert der E DIN 45680 [2] damit restriktiver.

**Tabelle 1:** Vergleich der nächtlich maximal zulässigen Terzpegel für einen Einzelton nach DIN 45680 [1] und E DIN 45680 [2] (linear und A-bewertet).

Frequenz in Hz	DIN 45680 [1] $L_{\text{Terz,r}}$ in dB	E DIN45680 [2] $L_{\text{p,TerzF5}}$ in dB	Differenz In dB	E DIN45680 [2] $L_{\text{p,TerzF5}}$ in dB(A)
8	103,0	104,9	1,9	27,1
10	95,0	97,4	2,4	27,0
12,5	87,0	89,9	2,9	26,5
16	79,0	82,6	3,6	25,9
20	71,0	75,8	4,8	25,3
25	63,0	66,9	3,9	22,2
31,5	55,5	58,6	3,1	19,2
40	48,0	51,2	3,2	16,6
50	40,5	45,3	4,8	15,1
63	33,5	40,2	6,7	14,0
80	33,0	35,8	2,8	13,3
100	33,5	33,0	-0,5	13,9
125		32,1		16,0

## Schlussfolgerungen

Die E DIN 45680 [2] führt im Vergleich zur DIN 45680 [1] zu einer strengeren Beurteilung breitbandiger tieffrequenter Geräusch von WEA. Bei Anwendung der E DIN 45680 [2] muss davon ausgegangen werden, dass die tieffrequenten Geräusch von WEA genehmigungsrelevant werden. Verschiebt sich das Spektrum der WEA zu tieferen Frequenzen hin, wie dies unserer Erfahrung nach z. B. im schallreduzierten Betrieb der Fall ist, verschärft sich die Situation bei Ausnutzung der Immissionsrichtwerte zusätzlich.

## Literatur

- [1] DIN 45680:1997-03.: „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft“
- [2] E DIN 45680:2013-09.: „Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen“
- [3] Statutory Order on Noise from Wind Turbines: Ministry of the Environment, 15. Dez. 2011
- [4] J. Weinheimer, O. Bunk, „Ermittlung tieffrequenter Schallimmissionen; Zwei WEA des Typs REpower 5M im Testfeld des DEWI OCC in Cuxhaven“, Kötter Consulting Engineers, 2008