

# Technische Dokumentation Windenergieanlagen Alle Anlagentypen

## Prüfung der Geräuschemissionen von Windenergieanlagen



imagination at work

[www.ge-energy.com](http://www.ge-energy.com)

Besuchen Sie uns unter  
[www.ge-renewable-energy.com](http://www.ge-renewable-energy.com)

## Urheber- und Verwertungsrechte

Die in diesem Dokument in Textform wiedergegebenen sowie in Zeichnungen, Modellen, Tabellen etc. verkörperten Informationen bleiben ausschließliches Eigentum des Verkäufers. Sie werden nur zu dem vereinbarten Zweck anvertraut und dürfen zu keinem anderen Zweck verwendet werden. Kopien oder sonstige Vervielfältigungen dürfen nur zu dem vereinbarten Zweck angefertigt werden. Weder Original noch Vervielfältigungen dürfen Dritten ausgehändigt oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht werden.

© 2016 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.

GE und  sind Warenzeichen und Dienstleistungsmarken der General Electric Company.

Andere in diesem Dokument genannte Unternehmens- oder Produktnamen sind ggf. Marken bzw. eingetragene Marken ihrer jeweiligen Unternehmen.



imagination at work

## Inhaltsverzeichnis

|     |                                    |   |
|-----|------------------------------------|---|
| 1   | Anwendungsbereich.....             | 5 |
| 2   | Prüfanforderungen.....             | 5 |
| 2.1 | Allgemeine Anforderungen .....     | 5 |
| 2.2 | Prüflabore .....                   | 5 |
| 2.3 | Prüfverfahren.....                 | 6 |
| 2.4 | Berechnung der Prüfergebnisse..... | 7 |
| 2.5 | Dokumentation .....                | 8 |

---

Die auf dieser Seite in Textform wiedergegebenen sowie in Zeichnungen, Modellen, Tabellen etc. verkörpert Informationen bleiben unser ausschließliches Eigentum. Sie werden nur zu dem vereinbarten Zweck anvertraut und dürfen zu keinem anderen Zweck verwendet werden. Kopien oder sonstige Vervielfältigungen dürfen nur zu dem vereinbarten Zweck angefertigt werden. Weder Original noch Vervielfältigungen dürfen Dritten ausgehändigt oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht werden.

© 2016 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.



## 1 Anwendungsbereich

Das vorliegende Dokument erläutert das Prüfverfahren für Schallmessungen an einzelnen Windenergieanlagen ("Einheiten") oder an einer repräsentativen Stichprobe von Einheiten, die stellvertretend für einen gesamten Windpark fungiert. Solche Messungen werden nachfolgend als "Prüfung der Geräuschemissionen von Windenergieanlagen (MNPT)" bezeichnet.

## 2 Prüfanforderungen

### 2.1 Allgemeine Anforderungen

Prüfungen der Geräuschemissionen von Windenergieanlagen können während eines vertraglich vereinbarten Zeitraums, vorbehaltlich der im entsprechenden Vertrag festgelegten Bedingungen sowie in Übereinstimmung mit dem in diesem Dokument dargelegten Verfahren, durchgeführt werden.

Die Prüfung der Geräuschemissionen kann an einer Untergruppe von Einheiten, die repräsentativ für den gesamten Windpark sind (den "Benannten Einheiten"), oder an einzelnen Einheiten vorgenommen werden.

Wenn der Käufer einen MNPT an mehreren Benannten Einheiten durchführen möchte, müssen die Standorte dieser Einheiten einvernehmlich zwischen Käufer und Verkäufer vor der Errichtung von WEAs und nach Abschluss der Windparkplanung und keinesfalls, nachdem die Benannten Einheiten bereits errichtet oder in Betrieb genommen worden sind, vereinbart werden.

Sofern der Käufer den MNPT nicht auf eine Gruppe Benannter Einheiten, sondern auf eine oder mehrere bestimmte Einheit(en) innerhalb des Windparks anwenden möchte, kann er dies innerhalb der vertraglich festgelegten Frist tun. Die betreffenden Einheiten werden als "einzeln geprüfte Einheiten im Sinne des Kapitels 2.4 dieses Dokuments getestet.

### 2.2 Prüflabore

Sofern der Käufer eine Prüfung der Geräuschemissionen verlangt, muss diese durch eine akkreditierte, qualifizierte Prüfungsstelle (das "Prüflabor"), die über entsprechende Erfahrungen auf dem Gebiet der Geräuschemissionsmessungen an Windenergieanlagen gemäß der anzuwendenden Normen verfügt, vorgenommen werden.

Die Akkreditierung kann z. B. durch Einhaltung der Bestimmungen gem. EN/ISO/IEC 17025, bzw. in Deutschland des § 26/28 BImSchG, oder durch Zugehörigkeit zur "Noise Services Group" innerhalb des MEASNET (Measuring Network of Wind Energy Institutes) nachgewiesen werden.

---

Die auf dieser Seite in Textform wiedergegebenen sowie in Zeichnungen, Modellen, Tabellen etc. verkörperten Informationen bleiben unser ausschließliches Eigentum. Sie werden nur zu dem vereinbarten Zweck anvertraut und dürfen zu keinem anderen Zweck verwendet werden. Kopien oder sonstige Vervielfältigungen dürfen nur zu dem vereinbarten Zweck angefertigt werden. Weder Original noch Vervielfältigungen dürfen Dritten ausgehändigt oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht werden.

© 2016 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.

Die vom Verkäufer zugelassenen Prüflabore sind nachfolgend aufgelistet. Prüflabore, die hier nicht aufgeführt sind, müssen vor Beginn jeglicher Geräuschemissionsmessungen vom Verkäufer überprüft und genehmigt werden.

- DEWI GmbH (Wilhelmshaven, Deutschland)
- NREL (Colorado, USA)
- DELTA – (Hørsholm, Dänemark)
- DNV GL (Kaiser-Wilhelm-Koog, Deutschland)
- Windtest Grevenbroich GmbH (Grevenbroich, Deutschland)
- Kötter Consulting Engineers (Rheine, Deutschland)
- Aercoustics Engineering LTD. (Toronto, Kanada)
- Windtest North-America, Inc. (South Estherville, IA, USA)
- Sonus Pty Ltd. (Adelaide, Australien)
- Marshall Day Acoustics (Victoria, Australien)
- WIND-consult (Bargeshagen, Deutschland)
- HGC Engineering (Mississauga, Ontario, Kanada)

## 2.3 Prüfverfahren

Das Verfahren ("Prüfverfahren") wird in den folgenden Publikationen beschrieben:

[1] IEC 61400-11, Ausgabe 2.1 (2006) Windenergieanlagen - Teil 11: Schallmessverfahren

[2] IEC 61400-11, Ausgabe 3.0 (2012) Windenergieanlagen - Teil 11: Schallmessverfahren

[3] IEC TS 61400-14 Windenergieanlagen – Teil 14: Erklärung immissionsrelevanter Schallleistungspegel- und Tonalitätswerte, 2005

*In Deutschland unterliegt das Prüfverfahren zusätzlich der:*

[4] FGW-Richtlinie Teil 1, Rev. 18, Bestimmung der Schallemissionswerte, Fördergesellschaft Windenergie e.V.

wobei folgende zusätzlichen Bestimmungen zu berücksichtigen sind:

- Ein Sekundärwindschirm ist zwingend erforderlich. Es muss sichergestellt werden, dass der Einfluss des Sekundärwindschirms auf das Frequenzverhalten dokumentiert und gemäß [2], Anhang E, korrigiert wird.
- Bei Messungen gemäß [1] oder [4] kann die Mittelungszeit unter 1 Minute liegen, darf jedoch nicht weniger als 10 s betragen.
- Die Windrichtung kann anhand der Azimutposition der geprüften WEA gemessen werden.
- Für Tonalitätsanalysen muss die Frequenzauflösung  $2 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$  über die gesamte Bandbreite betragen.

---

Die auf dieser Seite in Textform wiedergegebenen sowie in Zeichnungen, Modellen, Tabellen etc. verkörpert Informationen bleiben unser ausschließliches Eigentum. Sie werden nur zu dem vereinbarten Zweck anvertraut und dürfen zu keinem anderen Zweck verwendet werden. Kopien oder sonstige Vervielfältigungen dürfen nur zu dem vereinbarten Zweck angefertigt werden. Weder Original noch Vervielfältigungen dürfen Dritten ausgehändigt oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht werden.

© 2016 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.

- Compliance-Tests dürfen nicht unter ungünstigen Umgebungsbedingungen durchgeführt werden, wie z. B. bei:
  - schneebedecktem Erdboden
  - hart gefrorenem Erdboden
  - vereisten Rotorblättern
- Falls die zu prüfenden WEAs durch ein Windpark-Managementsystem (WindCONTROL) gesteuert werden, muss sichergestellt werden, dass sie sich während der Geräuschemissionsmessung tatsächlich in der hierfür vorgesehenen Betriebsart befinden.
- Sofern bestimmte, auf Referenzwindgeschwindigkeiten bezogene Schallleistungspegel vertraglich zugesichert worden sind, müssen für die Schallanalyse gemäß [2] korrigierte, d. h. unter Berücksichtigung der standortspezifischen Luftdichte erstellte Leistungskennlinien verwendet werden. Auf diese Weise wird eine korrekte Bestimmung der Referenzwindgeschwindigkeiten sichergestellt.

Vor Durchführung dieser Prüfungen müssen sich Käufer und Verkäufer auf eine Gruppe zu prüfender WEA-Standorte (die BENANNTE EINHEITEN) einigen. Sämtliche ausgewählte WEA-Standorte müssen die Anforderungen des Prüfverfahrens, z. B. im Hinblick auf ein ausreichendes Signal-Rausch-Verhältnis, erfüllen. Die Parteien erkennen an, dass es zur Einhaltung des Prüfverfahrens ggf. erforderlich sein kann, benachbarte Windenergieanlagen während der Prüfung abzuschalten.

Alle Prüfungen sind an bzw. mit Anlagen (Messeinrichtungen und WEAs) durchzuführen, die sich in einem "fehlerfreien und sauberen" Zustand befinden. Dabei hat der Käufer sicherzustellen, dass die Anlagen vor der Prüfung inspiziert und allen erforderlichen Wartungsarbeiten, einschließlich der Beseitigung mechanischer Mängel, ungewöhnlicher Verschleißerscheinungen und Blattverschmutzungen durch Insekten oder andere, luftgetragene Materialien, unterzogen worden sind. Dem Verkäufer muss zugestanden werden, die Einstellungen der Steuerungsparameter der BENANNTE EINHEITEN vor der Prüfung unter Einhaltung einer Freigabefrist von 10 Werktagen zu überprüfen bzw. zu korrigieren.

Sofern Messungen gemäß neueren Revisionen der in den Prüfverfahren genannten Richtlinien durchgeführt werden, sind deren Ergebnisse nur mit Zustimmung des Verkäufers und nachdem dieser die Auswirkungen des veränderten Prüfverfahrens untersucht hat anwendbar.

## 2.4 Berechnung der Prüfergebnisse

Bei jeder Prüfung an einer Einheit muss die Berechnung des Schallleistungspegels ( $L_{WA,k}$ ) und der Tonhaltigkeit ( $\Delta L_{a,k}$ ) gemäß den Bestimmungen der Prüfverfahrensdokumente [1], [2] oder [4] erfolgen. Sowohl Schallleistungspegel als auch Tonhaltigkeit sind gemäß den Prüfverfahren Funktionen der Windgeschwindigkeit.

Bei jeder Prüfung an einer Einheit werden Messunsicherheitswerte ( $u_c$ ) für den Schallleistungspegel und die Tonhaltigkeit, wie in den Prüfverfahrensdokumenten [1], [2] oder [4] beschrieben, berechnet.

---

Die auf dieser Seite in Textform wiedergegebenen sowie in Zeichnungen, Modellen, Tabellen etc. verkörperten Informationen bleiben unser ausschließliches Eigentum. Sie werden nur zu dem vereinbarten Zweck anvertraut und dürfen zu keinem anderen Zweck verwendet werden. Kopien oder sonstige Vervielfältigungen dürfen nur zu dem vereinbarten Zweck angefertigt werden. Weder Original noch Vervielfältigungen dürfen Dritten ausgehändigt oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht werden.

© 2016 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.

Prüfergebnisse werden als gültig angesehen, wenn die Messunsicherheiten  $u_c$  zwischen 0,5 dB und 1,5 dB liegen.

Falls für einzeln geprüfte Einheiten vertraglich zugesicherte Geräuschemissionswerte existieren, muss das jeweilige Prüfergebnis durch Subtraktion eines Unsicherheitswertes vom gemessenen Schallleistungspegel bzw. von der gemessenen Tonhaltigkeit berechnet werden. Dieser Unsicherheitswert entspricht dem jeweils höheren Wert aus (i) 1 dB und (ii) der Messunsicherheit  $u_c$  der vorgenannten Prüfung.

Außerdem kann das Prüfergebnis bei drei (3) oder mehr Benannten Einheiten als gemittelttes Prüfergebnis für eine Gruppe von Einheiten berechnet werden, wobei ein Unsicherheitswert von den mittleren gemessenen Schallleistungspegeln bzw. Tonhaltigkeiten subtrahiert wird. Mittlere Schallleistungspegel und Tonhaltigkeiten werden auf die im Prüfverfahrensdokument [3] festgelegte Art und Weise anhand der Prüfergebnisse der Benannten Einheiten als Funktion der Windgeschwindigkeit berechnet. Die Unsicherheit wird berechnet als  $u_{avg} = k \cdot \sigma_p / \sqrt{n} = 1,0256 / \sqrt{n}$ , wobei  $\sigma_p = 0,8$  dB angenommen und ein Erweiterungsfaktor von  $k = 1,282$  (90 % oberes Vertrauensniveau) einbezogen wird. Messunsicherheiten ( $u_c$ ) der einzelnen Prüfungen werden nicht weiter berücksichtigt, d. h. sie werden vom Käufer wie auch vom Verkäufer gleichermaßen getragen.

## 2.5 Dokumentation

Der Käufer hat alle in den Prüfverfahren festgelegten, relevanten Daten und Informationen zu protokollieren. Der Käufer muss dem Verkäufer nach dessen Fertigstellung eine Kopie des vollständigen Prüfprotokolls aushändigen. Der Käufer hat dem Verkäufer alle relevanten Prüfdaten und -informationen zwecks Ursachenanalyse zur Verfügung zu stellen, falls die vertraglich zugesicherten Schallleistungspegel oder Tonhaltigkeiten nicht erfüllt werden sollten