

# Stand der Lärminderungstechnik an Windenergieanlagen

Oliver Bunk

## Abstract

### State of noise reduction technology for wind turbines

*In the planning and operation of wind turbines and wind farms the focus is on sound propagation. The wind turbines are becoming larger in size, resulting in higher sound power levels. This means that manufacturers have to take several measures in order to place the wind turbine also to sound critical locations. Here, the rotor of the wind turbine is mainly responsible for the sound generation. There have been implemented a number of measures in the past that have led to a reduction in the overall level. But even within the wind turbine possibilities of noise reduction exist.*

*However, these are usually designed to avoid or forward stimulating vibrations. Although the wind turbine itself is not in operation, noise emissions can arise from the wind turbine, which are perceived by the surrounding residents as harassing. However, the wind energy industry offers a variety of options for noise reduction. On the software side by intervening in the operation or on the hardware side by incorporating structurally improved components or complete components. Overall, the learning curve of the manufacturer pointing upwards, today multi-megawatt turbines are based on the installed capacity in the current 3 MW class significantly quieter than plants that were built in the 1990s and the beginning of 2000s.*

## Schallentstehung bei Windenergieanlagen

Zur Stromerzeugung muss sich der Rotor einer Windenergieanlage (WEA) drehen, um einen Generator in Bewegung zu setzen. Mit der Drehbewegung des Rotors wird ebenfalls der Triebstrang, bestehend aus Wellen, Getriebe und Generator, in Bewegung gesetzt. Dadurch entsteht Lärm, der von der WEA emittiert wird. Jedoch ist die Lärmentstehung nicht nur von den einzelnen Bauteilgruppen der WEA abhängig, es spielen auch äußere Faktoren eine Rolle. Da ist zum einen die Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit, je mehr der Wind weht, desto höher wird die Windgeschwindigkeit und der Rotor der WEA gewinnt an Drehzahl. Je höher die Drehzahl ist, desto lauter wird der Schallleistungspegel der WEA. Also ist ein Einfluss des Standortes in Abhängigkeit seiner Güte auf die Schallabstrahlung der WEA gegeben. Dies drückt sich auch in der Nabenhöhe der WEA aus, je höher eine Anlage ist, desto eher treten Windgeschwindigkeiten auf, die den Rotor in Bewegung setzen.

Ein weiterer Punkt ist die Abhängigkeit von der Leistungsregelung der WEA. Hier wird unterschieden zwischen pitch- und stallgeregelten Anlagen. Die Pitchsteuerung reguliert in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit den Rotorblattwinkel und somit direkt die Rotordrehzahl. Wird ein bestimmter Windgeschwindigkeitswert erreicht, meist kurz vor Erreichen der Nennleistung, werden die Rotorblätter soweit im Winkel verdreht, dass der Auftrieb an den Rotorblättern abnimmt und die Drehzahl konstant bleibt. Die Strömung liegt wieder laminar am Profil des Rotorblattes an. Es erfolgt keine weitere Erhöhung der Lärmemissionen. Bei stallregulierten WEA hingegen erfolgt die Leistungsregulierung durch einen Strömungsabriss auf dem Rotorblatt. Es ist leicht nachzuvollziehen, dass durch den Strömungsabriss Geräusche entstehen. Mit zunehmender Windgeschwindigkeit steigen daher auch die Geräusche weiter an. Eine stallregulierte WEA ist also grundsätzlich als lauter einzustufen als eine pitchgeregelte WEA. Allerdings ist auch zu sagen, dass in der heutigen modernen Windenergie mit 3 MW installierter elektrischer Leistung so gut wie keine stallgeregelten WEA mehr produziert werden.

Welche Komponenten einer Windenergieanlage sind also verantwortlich für die

Geräuschenstehung? Grundsätzlich kann eine Einteilung in drei Bauteilgruppen erfolgen: der Rotor, die Gondel und der Turm.

Der Rotor verursacht dabei durch seine Drehbewegung und der damit verbundenen Interaktion zwischen den Luftteilchen und der Rotoroberfläche aeroakustische Geräusche. Dabei spielen die Verläufe der Strömungen auf dem Rotorblatt, die Spitzenwirbelbildung am Blattende (Tip) wie auch die Oberflächenbeschaffenheiten eine Rolle. Es wird unterschieden zwischen Hinterkantengeräuschen, die ein breitbandiges Frequenzband besitzen, den Blattspitzengeräuschen, die eher hochfrequente Geräusche besitzen, der tieffrequenten Turbulenzbildung an der Vorderkante und dem Strömungsabriss auf dem Rotorblatt (Bild 1). Besitzen die Rotorblätter zusätzlich noch Schäden auf der Oberfläche, können diese zu einer Erhöhung der Lärmemissionen beitragen.

Die Gondel ist die zweite Hauptkomponente der Bauteilgruppen. Der Anteil der in der Gondel verursachten Schallanteile wird durch die Abstrahlung von mechanischen Schallemissionen durch die innen drehenden Bauteile wie Generator, Getriebe und Wellen erzeugt (Bild 2). Die Zunahme der Schallemission erfolgt auch hier in Abhängigkeit der Drehzahl, wobei in der Regel bei maximaler Drehzahl die maximalen Schallemissionen auftreten. Jedoch ist zu beachten, dass weitere „passive“ Komponenten wie z.B. Lüfter zur

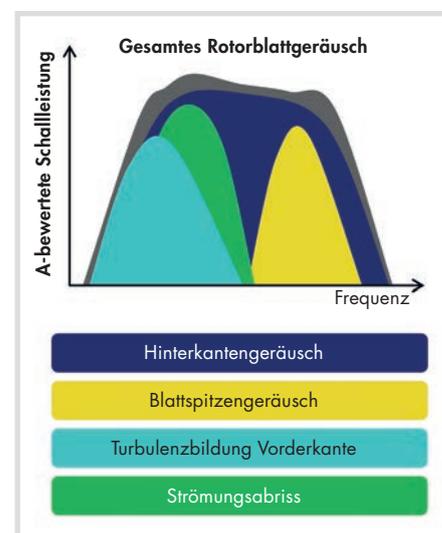


Bild 1. Zusammensetzung des Rotorlärms einer Windenergieanlage.

## Autor

Dipl.-Ing. Oliver Bunk  
KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG  
Fachgebietsleiter Windenergie  
Rheine, Deutschland

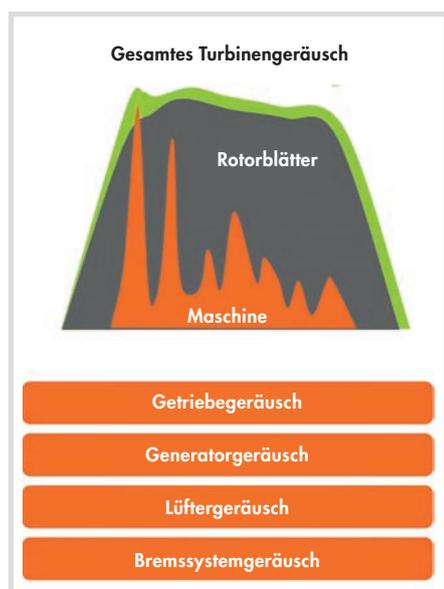


Bild 2. Zusammensetzung des Gesamtlärms einer Windenergieanlage.

Kühlung der WEA, die Azimutverstellung zur Ausrichtung der Gondel im Wind sowie elektronische Bauteile wie Umrichter etc. weitere Quellen darstellen, welche den Pegel der WEA erhöhen können. Insbesondere können diese passiven Quellen auch Lärm erzeugen, während die WEA gar nicht in Betrieb ist, um Strom zu produzieren. Normalerweise sind die Lärmemissionen der passiven Quellen absolut gesehen bei einwandfreiem Betrieb der WEA den Gesamtemissionen untergeordnet.

Die dritte Bauteilgruppe, der Turm, spielt eher eine nebensächliche Rolle in der Gesamtschallerzeugung der WEA. Der Turm selber ist keine Quelle, er besitzt keine eigene Erzeugung von Schall, sondern kommt bei der Weitergabe des entstehenden Körperschalls (Sekundärschall) zur Geltung. So kann es durch eine mangelnde Entkopplung zwischen Gondel und Turm zu einer Übertragung der Schwingungen kommen, die wiederum eine Fläche anregen, die selber als Schallquelle auftritt. Dabei kann insbesondere die große Oberfläche des Turmes gute Abstrahleigenschaften bewirken. Des Weiteren befinden sich im Turmfuß vieler WEA elektronische Komponenten wie Umrichter oder Lüfter, welche über die Turmtür oder Luftauslässe Lärmemissionen nach außen tragen können.

Wird die Gesamtschallemission einer Windenergieanlage betrachtet, so stellt heute bei einer üblichen Verteilung das Rotorblatt den größten Anteil und der Turm den kleinsten Anteil der Emissionen dar.

### Lärminderung an Windenergieanlagen

Prinzipiell können die Maßnahmen zur Lärminderung in drei Kategorien eingeteilt werden: softwareseitig, hardwareseitig und vorsorglich.

Softwareseitige Maßnahmen sind in der Regel sehr schnell und einfach durch eine Anpassung der Betriebsparameter umsetzbar. So können z.B. Drehzahlkennlinien in der Steuerung der WEA angepasst und somit das Schallverhalten der WEA positiv gestaltet werden. Mittlerweile besitzen alle Hersteller für jeden WEA-Typ schallreduzierte Betriebe. Diese lassen sich z.B. durch Absenken der Drehzahl und/oder der Leistung eine reduzierte Schalleistung realisieren. Das Absenken der Leistung wirkt sich jedoch negativ auf den Ertrag der WEA und somit auf die Wirtschaftlichkeit aus. Da die Immissionsrichtwerte an den umliegenden Wohnhäusern im Nachtzeitraum geringer sind als tagsüber, beschränken sich die Leistungsreduzierungen auf den kürzeren Nachtzeitraum von 22:00 bis 06:00 Uhr. Außerhalb dieser Zeit dürfen die WEA oder der Windpark dann wieder mit voller Leistung betrieben werden. Bei Anlagen, die betriebsbedingt keine große Drehzahländerung mit Zunahme der Windgeschwindigkeit respektive der Leistung besitzen, wird dabei das Erreichen der Nennleistung zu höheren Windgeschwindigkeiten verschoben.

Ein weiteres Beispiel der softwareseitigen Maßnahmen ist die adaptive Blattverstellung. Diese wird bei Windenergieanlagen mit großen Rotordurchmessern in der Größenordnung von 120 m Durchmesser und mehr eingesetzt. Durch die große Blattlänge durchläuft der Rotor der WEA ein großes Windfeld, welches aufgrund des Höhenunterschiedes zum einen sehr turbulent ist und zum anderen am unteren Ende des Rotorkreises eine kleinere Windgeschwindigkeit aufweist als am oberen Ende des Rotorkreises (Bild 3). Dieser Windgeschwindigkeitsunterschied, die Windscherung, macht sich bei Beibehaltung desselben Rotoranstellwinkels über die volle Um-

drehung des Rotors negativ bemerkbar, da der Anstellwinkel bzw. das Blattprofil nur für eine bestimmte Windgeschwindigkeit laminar ausgelegt ist. Somit ergeben sich Strömungsabrisse, welche sich wiederum als Geräusche wahrnehmen lassen, sodass die WEA lauter wird. Dem entgegenwirken kann eine sogenannte adaptive Blattverstellung, welche ursprünglich entworfen worden war, um Lasten zu minimieren. Mit dieser Art der Blattverstellung wird dem Einfluss der Windscherung entgegengewirkt, indem die Steuerung der WEA die drei Rotorblätter unabhängig voneinander verfährt. So besitzt das Rotorblatt, welches den höchsten Punkt des Rotorkreises passiert, einen anderen Anstellwinkel als die anderen beiden Blätter, die sich im unteren Teil des Rotorkreises befinden.

Hardwareseitige Maßnahmen gehen meist mit dem Tausch von verbauten Komponenten einher und sind aufwendig und teuer zu realisieren, da oftmals ein Kran vor Ort benötigt wird. Jedoch basieren die neuen Bauteile auf meist längeren Entwicklungen sowie Forschungen und zeigen nach dem Einbau ohne aufwendige Veränderung der Betriebsführung gute Erfolge.

Erste Erfolge zur Lärminderung feierten die Hersteller von Windenergieanlagen mit der Optimierung von Rotorblättern Mitte der neunziger Jahre. Hier bedienten sie sich der Erfahrungen aus dem Flugzeugbau, da die Rotorblätter mit ihrem Auftriebsprinzip die gleiche Methodik verfolgen wie die Tragflügel von Flugzeugen. Durch die Minimierung des induzierten Widerstandes am Blattende, es tauschen sich hier die Luftmassen der Saug- und der Druckseite aus, was zu Energieverlusten und Geräuscherhöhungen führt, können die Rotorblätter leiser gestaltet werden (Bild 4). Dies wird mittels eines sogenannten Tip am Rotorblattende realisiert,

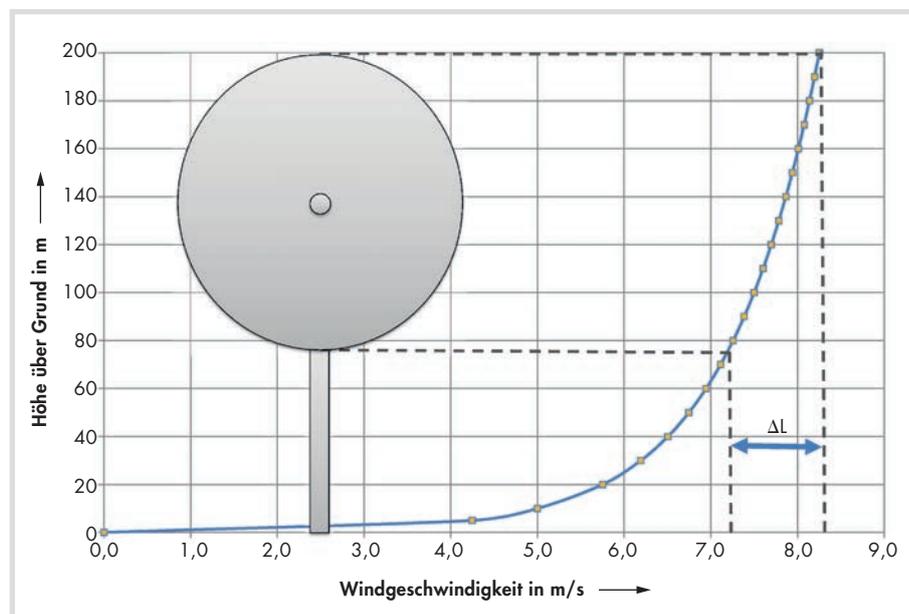


Bild 3. Logarithmisches Windprofil mit Geschwindigkeitsunterschied zwischen Rotorober- und Rotorunterkante.

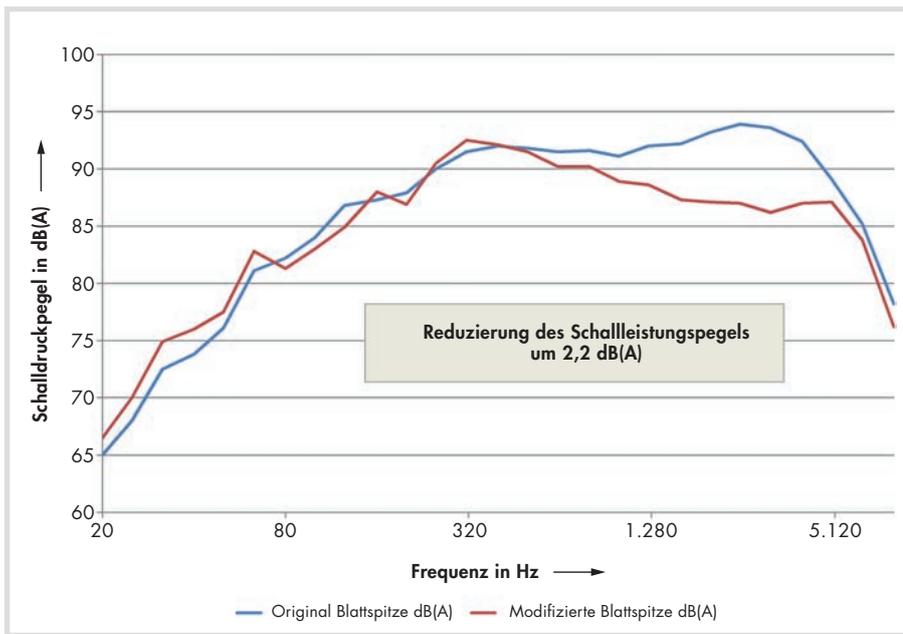


Bild 4. Optimierung der Blattspitze zur Lärmreduzierung.

der dem Winglet eines Flugzeuges, quasi einer umgebogenen Kante, gleichkommt. Hierfür ist aber einerseits ein großer Forschungsaufwand notwendig, z.B. mit Tests in Strömungskanälen, und andererseits ist die konstruktive Integration des Bauteils in das Rotorblatt eine Herausforderung. Die Form der Blattspitze ist dann entscheidend über die Höhe der Lärmreduzierungen, da sich die Form verschieden auf die Frequenzbereiche der Geräuschentwicklung auswirkt. Es sind jedoch Reduzierungen des Schalleistungspegels von bis zu 3 dB möglich.

Eine weitere Möglichkeit der hardwareseitigen Lärmreduzierung ist die Aufbringung von Strömungshilfen, sogenannten Vortex-Generatoren, auf dem Rotorblatt. Diese Grenzschichtzäune verhindern einerseits die Bildung von störenden Querströmungen auf dem Rotorblatt und schaffen andererseits ein definiertes Wirbelfeld, welches der Strömung ein besseres Abfließen an der Hinterkante verhilft. Die nach dem Passieren der Vortex-Generatoren angepasste Strömung schafft gleiche Strömungscharakteristiken der Saug- und Druckseite und minimiert somit die Geräusche an der Hinterkante. Eine Anbringung dieser Strömungshilfen wird speziell auf den WEA-Typ und die zugehörigen Rotorblätter abgestimmt.

Zurzeit arbeiten die meisten der Hersteller an der Optimierung der Blatthinterkante. Hier lassen sich im Moment die größten Reduzierungen zum Schalleistungspegel der WEA erzielen. Mittels sogenannter Serrations, einer Verzahnungen an der hinteren Kante eines Rotorblattes, werden die Lärmwerte gesenkt und gleichzeitig die Effizienz hinsichtlich des Ertrages erhöht (Bild 5). Hierbei werden die Zähne entweder als Teil des Rotorblattes mitgefertigt oder können auch nachträglich aufgeklebt

werden, um ältere Rotorblätter zu verbessern und somit einen kostenintensiven Rotorblatttausch zu vermeiden. Die Größe und Länge der Serrations kann je nach Länge des Rotorblattes entlang der Rotorblattkante variieren. Anbringort der Serrations ist das äußere Drittel eines Rotorblattes. Die Hersteller versprechen Reduzierungen mit der Aufrüstung von Serrations von 2 bis 4 dB gegenüber den üblichen Rotorblättern, welche durch Messungen auch schon verifiziert werden konnten.

Neben der Optimierung des Rotorblattes finden sich auch hardwareseitige Lärmreduzierungen im Innern der WEA wieder. So werden Maßnahmen zur Vermeidung von Schwingungseinleitungen in das System der Anlage getroffen. Zwar kann es sein, dass sich die Schwingungen eines Bauteils ggf. selber nicht als Lärm äußern, jedoch durch die Anregung anderer Bauteile diese in ihren Eigenfrequenzen angeregt und somit die Abstrahlung von Lärm emittiert wird. Ein oft betroffenes Bauteil ist das Getriebe in Windenergieanlagen, welches durch die Übertragung der am Getriebe auftretenden Kräfte, kommend vom Rotor sowie Nick- und Giermomente, starken Wechselwirkungen ausgeliefert ist. Somit ist eine Dämpfung des am Getriebe auftretenden Körperschalls notwendig, da die auftretenden Kräfte und Schwingungen möglichst nicht an den Maschinenrahmen weitergeleitet werden sollten. Hier helfen Einbauten mit verschiedentlichen Anordnungen von Elastomeren zwischen Getriebe und Maschinenträger. Üblicherweise findet diese Lagerung für Getriebe Anwendung bei Pitch- und Stall-Anlagen im Leistungsbereich zwischen 600 kW und 1,5 MW. Einerseits ist die Aufstellung des Getriebes auf einer solchen Aufständerrung aufwendig und andererseits können mittels einer solchen Anordnung nicht alle



Bild 5. Trailing Edge Serrations (TES) am Beispiel eines Rotorblattes der Enercon GmbH (Quelle: Enercon GmbH).

Kräfte, insbesondere im derzeit aktuellen Multimegawattbereich, aufgefangen werden.

Viele der Hersteller gehen seit Einführung des 2-MW-Segments Anfang/Mitte 2000 einen anderen Weg. Die Getriebe in den Anlagen der Multimegawattklasse sind mit einer Dreipunktlagerung ausgerüstet, welche aus zwei Maschinen- und einem Rotorlager bestehen. Dies bedingt zudem einen leichteren Aufbau, da nur ein Teil der Rotorkräfte über das Getriebe fließt. Die Lagerung erfolgt über die am Getriebe angeschlossenen Drehmomentstützen, welche an dem Maschinenrahmen befestigt sind. Die Kräfte werden über zweigeteilte Spannbuchsen aufgenommen, welche je nach Anforderungen der Lager mit einer bis drei Elastomerschichten befüllt sind. Da sich die Dreipunktlagerung hinsichtlich der Kostenminimierung gegenüber der Anordnung einer Aufständerrung des Getriebes bewährt hat, wird diese mittlerweile aktuell sehr häufig in WEA im Leistungsbereich zwischen 500 kW bis über 5 MW in sowohl stall- als auch bei pitchgeregelten WEA verbaut.

Eine weitere Maßnahme zur Minimierung von Schwingungseinleitungen sind sogenannte Schwingungstilger (Bild 6). Der Tilger arbeitet hierbei als ungedämpftes Feder-Masse-System. Der Tilger bewirkt eine Reduzierung der Amplitude eines schwingenden Systems durch einen Zusatzschwinger bei seiner Resonanzfrequenz. Die Feder kann dabei ein Elastome-

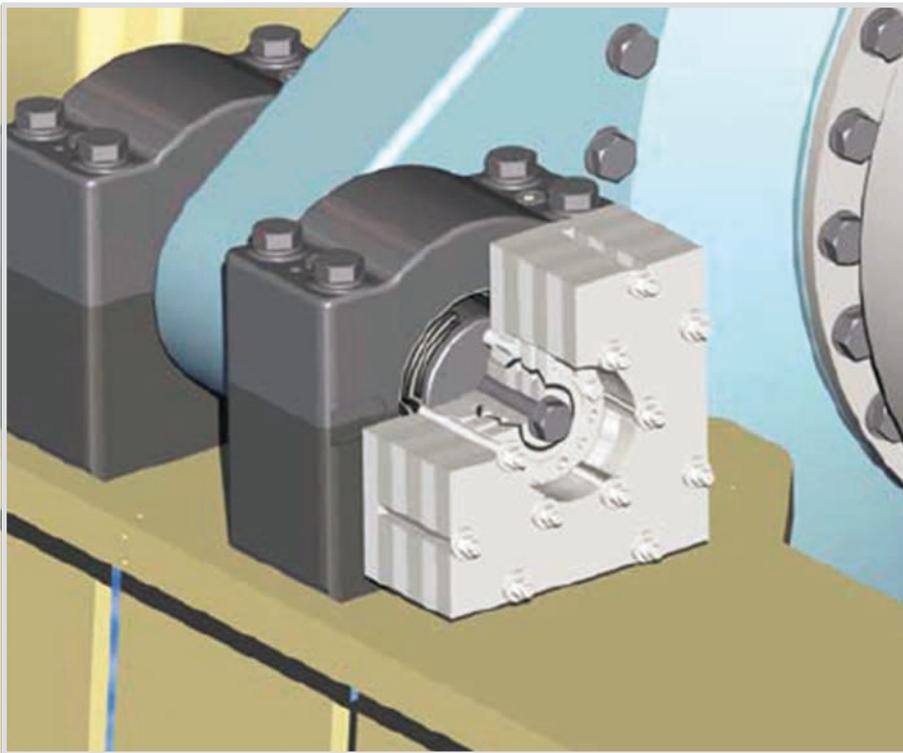


Bild 6. Schwingungstilger für Körperschallreduktion  
(Quelle: Wind Kraft Journal 05/2005, Schwingungselemente für Windkraftanlagen).

relement mit entsprechender Steifigkeit und Dämpfung sein, dabei richtet sich die eingesetzte Masse des Tilgersystems nach der Masse des zu beruhigenden Systems. Die Montage des Schwingungsdämpfers erfolgt dabei an dem Übertragungspfad des Körperschalls, also direkt an der Drehmomentstütze. Das System wird dann auf bestimmte Frequenzbereiche abgestimmt und kann so einzelne Frequenzen „eliminieren“. Es erfolgt eine Aufspaltung der zu bekämpfenden Amplitude, welche somit an Energie verliert, was wiederum zu einer Lärmreduzierung führt. So können z.B. Tönhaltigkeiten von Getrieben minimiert werden.

Das Thema der Tönhaltigkeit findet sich z.B. auch im Generatorbau für Windenergieanlagen wieder. Die Erregung des magnetischen Feldes der Statorwicklung erfolgt über die Polschuhe. Diese befinden sich am Scheibenrotor, dem beweglichen Teil des Ringgenerators. Ganz entscheidend ist hier Anordnung der Polschuhe. So kann bei regelmäßiger Anordnung in Kombination mit dem Magnetfeld und des Treffens der Eigenfrequenz bei Anliegen einer bestimmten Drehzahl das sogenannte Polrücken auftreten. Das Polrücken, ein durch die Geometrie gleichmäßiges rhythmisches kurzzeitiges Abbremsen des Läufers, verursacht eine Anregung des Generatorläufers, der dann durch das Aufschwingen in eine Eigenfrequenz gerät und diese als Tönhaltigkeit abstrahlen kann. Somit haben Form und Lage der Polschuhe maßgeblichen Einfluss auf die Geräuschemission des Ringgenerators. Dem kann Abhilfe mit konstruktiven Maßnahmen

wie einer laufangepassten Geometrie, z.B. einer Pfeilform des Generatorläufers oder dem Einbau einer Unregelmäßigkeit durch verschiedene Abstände der Polschuhe untereinander geschaffen werden.

Abschließend betreffen die vorsorglichen Maßnahmen zum einen die regelmäßige Durchführung von Wartungen und Inspektionen in den vorgeschriebenen Zyklen, um etwaigem Verschleiß, der lärmfördernd ist, sofort entgegen zu wirken. Auch trägt eine umsichtige Planung als vorsorgliches Instrumentarium mit der Verwendung von z.B. vermessenen Schalleistungspegel oder ggf. sogar den höheren garantierten Schalleistungspegeln der Hersteller zur Vermeidung von späteren höheren Pegeln als den zulässigen bei.

### Weitere „Lärminderungen“

Während sich Geräusche durch den Betrieb der Windenergieanlagen ausbilden können, gibt es Beispiele für Lärmquellen, die auch bei Stillstand der WEA auftreten können. Eines dieser Beispiele sind Lüfter, die zur Kühlung der Bauteilgruppen Getriebe und/oder Generator in der Gondel eingesetzt werden. Somit besteht zum einen ein gewisses Grundgeräusch, welches den Schalleistungspegel einer Windenergieanlage beeinflusst. Im Idealfall werden die Lüftergeräusche im Betrieb der WEA durch das Rotorgeräusch verdeckt. Bei Optimierung des Lüfters im WEA-Betrieb sind somit Lärminderungen kleiner 1 dB möglich. Zum anderen können Lüfter aber auch zum Einsatz kommen, wenn sich die WEA z.B. gerade abgeschaltet hat. Meist wird

dann noch zum Abkühlen das erhitzte Luftvolumen aus der Gondel abtransportiert, was günstigerweise in kurzer Zeitspanne erfolgen sollte. Dieses Nachlaufen des Lüfters kann bei Einstellung des Lüfters mit z.B. nur einer konstanten Drehzahl in der Nachbarschaft der WEA zu Beschwerden führen. Zwar reicht der Schalldruckpegel, verursacht durch die Lüftergeräusche an den benachbarten Immissionsorten, oftmals nicht für eine Überschreitung des nächtlichen Immissionsrichtwertes aus, dennoch können permanente Lüftergeräusche zu einer Belästigung führen, welche die Akzeptanz gegenüber der Windenergieanlage mindert. Hier schaffen drehzahlvariable Lüfter Abhilfe, die beim Einsatz nach Abschaltung der WEA eine niedrigere Drehzahl fahren können als im Betrieb der WEA, wenn höhere Leistungen bzw. Volumenströme notwendig sind.

Auch zu beachten sind äußere Einflüsse auf die WEA. Insbesondere zählen hierzu die witterungsbedingten Einflüsse wie Eisansatz an Rotorblättern von WEA. Bei der Eisbildung auf den Rotorblättern wird das Profil der Blätter verändert, es kann zu lärm erhöhenden Strömungsabrissen aufgrund fehlender laminarer Strömungen kommen. Entscheidend ist dabei der Eisansatz an der Rotorblattvorderkante. Liegt eine dünne Schicht als Überzug auf der Rotorvorderkante, so können zwar noch laminare Strömungen auf dem Blatt anliegen, es liegt aber meist schon eine geringfügige Erhöhung des Schalleistungspegels der WEA vor. Bildet sich nun der Eisansatz an der Blattvorderkante so weit aus, dass die Strömungen empfindlich gestört werden, kommt es zu einer deutlichen Erhöhung der Pegel der WEA, teilweise bis zu 3 dB und mehr. Abhilfe kann eine Eiserkennung mit anschließender Abschaltung oder der Einsatz einer Rotorblattheizung zur Enteisung des Blattes schaffen.

Ein weiterer Aspekt der Lärminderung kann auch in der Schallausbreitung in verschiedenen Richtungen einer Windenergieanlage gesehen werden (Bild 7). Bei Erstellung einer Schallausbreitungsberechnung für eine einzelne WEA oder einen Windpark wird immer der maximale

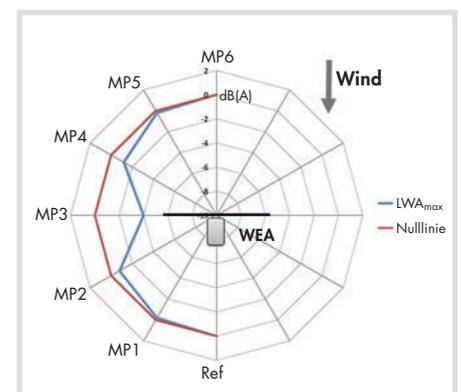


Bild 7. Schallausbreitung in verschiedenen Richtungen einer WEA.

Schalleistungspegel in Mitwindsituation angewendet. Windenergieanlagen besitzen jedoch eine Richtcharakteristik, das bedeutet, dass sich der Schalleistungspegel einer WEA in Abhängigkeit der Position zur WEA ändert. Eigene Untersuchungen zeigen aber auf, dass sowohl in Mitwind- als auch Gegenwindsituation die höchsten Schalleistungspegel zu erwarten sind. Wird nun die Hör- bzw. Messposition kreisförmig im selben Abstand in Richtung Querwind verschoben, also der Rotorebene, reduziert sich der abgegebene Pegel gegenüber der Referenzposition im Lee der WEA je nach Typ und Leistungsregelungsprinzip um bis zu 4 dB(A). Auch subjektiv ist dieser Unterschied deutlich wahrnehmbar. Dieser Effekt wäre z.B. für die Optimierung von Windparks denkbar. So können einzelne reduzierte WEA bei günstigen Windrichtungen sektorenweise in ihrer Leistung angehoben werden und Mehrerträge sind möglich.

## Fazit

Der aktuelle Markt der Windenergie verlangt aufgrund der knapper werdenden potentiellen Flächen immer leisere Anlagen. Größere WEA sind nicht automatisch lauter. Im Gegenteil, die Schalleistung bezogen auf die installierte elektrische Leis-

tung wird im Verhältnis mit größer werdenden WEA immer geringer. Würde als Beispiel an einem Standort in einem Windpark die gleiche Leistung heutiger WEA im 3-MW-Bereich mit mehreren älteren WEA bestückt, so wäre die kumulierte Schalleistung früherer WEA höher. Absolut gesehen ist demnach der Schalleistungspegel heutiger WEA mit z.B. 106 dB(A) für eine 3-MW-WEA zwar höher als z.B. mit 104 dB(A) für eine frühere 1,5-MW-WEA bezogen auf die installierte Leistung. Es würden jedoch zweimal 1,5 MW benötigt und somit zweimal 104 dB(A), was insgesamt wiederum 107 dB(A) ergeben würde und somit lauter ist.

Leise Windenergieanlagen haben teilweise heute schon und werden auch in Zukunft verstärkt eine bessere Marktstellung besitzen. Möglicherweise können die Schalleistungspegel von Windenergieanlagen zukünftig die ausschlaggebenden Kaufargumente werden. In den letzten Jahren sind in der Windenergiebranche große Erfolge in der Optimierung der Anlagen erzielt worden. Dies war aus Sicht der Hersteller auch notwendig, es bestand aufgrund der knapper werdenden Standorte Handlungsbedarf. Die Lernkurve der Hersteller zeigt steil nach oben. Insbesondere bei der Lärminderung der Rotorblätter

hat der Markt mehrere Entwicklungen hervorgebracht. Die meisten der Hersteller setzen mittlerweile erfolgreich sogenannte geformte Hinterkantenprofile zur Lärminderung der Rotoren ein. Hier zeigt sich gleichzeitig der Vorteil der Windenergie mit flexiblen Fertigungsprozessen: Technische Neuerungen gehen direkt in die Serienfertigung.

Die Forschung geht davon aus, dass sich noch weitere Erfolge zur Lärminderung mit neuen Materialien, z.B. poröse Hinterkanten, erzielen lassen. Auch weitere konstruktive Änderungen an den Formen der Rotorblätter wie z.B. Bürsten oder Schlitze werden heutzutage erprobt. Interessante Forschungsprojekte beschäftigen sich zudem noch mit der Absaugung eines Teils der Luftströmung im äußeren Blattbereich auf der Rotorblattoberseite.

Das Rotorblatt stellt dabei das größte Potential zur Lärmminimierung dar. Jedoch ist darauf zu achten, dass in gleichem Maße an den mechanischen Geräuschen am Rest der Windenergieanlage gearbeitet wird, da durch eine Absenkung der Schalleistungen der Rotorblätter die Geräusche aus der Gondel wieder dominieren können.

Für einen weiteren Ausbau der Windenergie sind Lärminderungsmaßnahmen an den heutigen WEA unverzichtbar.

## VGB-Standard

### Provision of Technical Documentation (Technical Plant Data, Documents) for Energy Supply Units

Ausgabe/edition 2015 – VGB-S-831-00-2015-05-EN

DIN A4, 107 Seiten, Preis für VGB-Mitglieder € 420,-, für Nichtmitglieder € 630,-, + Versandkosten und MwSt.  
DIN A4, 107 Pages, Price for VGB members € 420,-, for non members € 630,-, plus VAT, shipping and handling.

The provision of an energy supply unit its plant sections and their individual components in the context of projects and under the scope of individual orders entails the supply of the documentation required for operation and maintenance.

This is necessary to ensure safe and efficient operation of the energy supply unit and equipment.

Although projects very clearly describe the scope of a supply of energy supply unit and equipment, when it comes to the documentation often substantial differences exist between the employer's expectations and the contractor's actual deliveries.

This is partly due to the documentation structure not being laid down in advance, a lack of definition of the documentation scope of supply, and the wide variety of terms used when describing documentation.

The purpose of this Guideline is to establish a framework for the

- documentation contents (requirements for documents and data),
- designation of documents,
- delivery periods, handing over and taking over procedures, and
- documentation structure and form,
- assignment of documents to reference designations (KKS, RDS-PP®),
- plant labelling.

With the revised edition of the VGB-Standard VGB-S-831-00 (Former VGB-R 171e) created in 2010 the above mentioned requirements were met. The experience gained in its application however revealed a need to further detail the stipulations and explicitly integrate the topic of provision of technical plant data as an increasingly prioritized part of the documentation.

The classification of the technical plant data follows mainly international standards. Further standardization is being driven in cooperation with eCI@ss.

The requirements of civil engineering have been considered in agreement with the Central Federation of the German Construction Industry (Hauptverband der Bauindustrie) and the VGB Civil Engineering Working Panel.

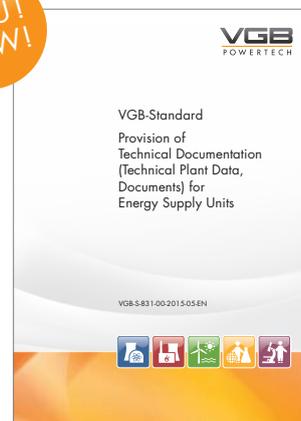
The specific demands of the wind industry for their energy supply units have been integrated into the present edition.

VGB PowerTech Service GmbH

Verlag technisch-wissenschaftlicher Schriften

Deilbachtal 173 | 45257 Essen | P.O. Box 10 39 32 | Germany

Fon: +49 201 8128-200 | Fax: +49 201 8128-302 | E-Mail: mark@vgb.org | www.vgb.org/shop



# VGB | POWERTECH

International Journal for Electricity and Heat Generation



Please copy >>> fill in and return by mail or fax

Yes, I would like order a subscription of VGB PowerTech.

The current price is Euro 275.- plus postage and VAT.

Unless terminated with a notice period of one month to the end of the year, this subscription will be extended for a further year in each case.

\_\_\_\_\_  
Name, First Name

\_\_\_\_\_  
Street

\_\_\_\_\_  
Postal Code                      City                      Country

\_\_\_\_\_  
Phone/Fax

\_\_\_\_\_  
Date                      1st Signature

Cancellation: This order may be cancelled within 14 days. A notice must be sent to VGB PowerTech Service GmbH within this period. The deadline will be observed by due mailing. I agree to the terms with my 2nd signature.

\_\_\_\_\_  
Date                      2nd Signature

Return by fax to

VGB PowerTech Service GmbH  
Fax No. +49 201 8128-302

or access our on-line shop at [www.vgb.org](http://www.vgb.org) | MEDIA | SHOP.

**VGB PowerTech DVD 1990 bis 2015:  
26 Jahrgänge geballtes Wissen rund um  
die Strom- und Wärmeerzeugung  
Mehr als 26.000 Seiten  
Daten, Fakten und Kompetenz**

**Bestellen Sie unter [www.vgb.org](http://www.vgb.org) > shop**



**Jetzt auch als  
Jahres-CD 2015  
mit allen Ausgaben  
der VGB PowerTech  
des Jahres: ab 98,- €**

© Sergey Nivens - Fotolia



**PowerTech-CD/DVD!**

Kontakt: Gregor Scharpey  
Tel: +49 201 8128-200  
[mark@vgb.org](mailto:mark@vgb.org) | [www.vgb.org](http://www.vgb.org)

**Ausgabe 2015: Mehr als 1.100 Seiten Daten, Fakten und Kompetenz  
aus der internationalen Fachzeitschrift VGB PowerTech**

**(einschließlich Recherchefunktion über alle Dokumente)**

98,- Euro (für Abonnenten der Printausgabe), 198,- Euro (ohne Abonnement), incl. 19 % MWSt. + 5,90 Euro Versand (Deutschland) / 19,90 Euro (Europa)