

Ist die DIN ISO 9613-2 zur Durchführung einer Schallprognose für Windenergieanlagen geeignet?

Dr. rer. nat. Dipl.-Ing. Rudolf Adolf Dietrich *
BWK, DEGA, DWA, VDI

Motivation, Beurteilung von Schalldruckpegel

Bei Geräuschemissionen von Maschinen, Geräten und Industrieanlagen ist die Beurteilung des Schalldruckpegels in der Nachbarschaft erforderlich. Basis dieser Beurteilung ist die TA Lärm [1]. Hierzu muss die Transmission und die Dämpfung des Schalls im Freien ermittelt werden.

Hierfür stehen in der Regel DIN-, DIN-ISO- oder VDI-Vorschriften zu Verfügung. In diesen Vorschriften ist der Stand der Wissenschaft und Technik in vereinfachter Form zusammengefasst, um die Anwendung in der Praxis zu erleichtern. Daher ist es beim Ausarbeiten und beim Erstellen dieser Vorschriften erforderlich, dass die Randbedingungen und Restriktionen genauestens beschrieben werden, damit sie bei Anwendung dieser Vorschriften eindeutig bekannt sind.

D. h. aber auch, dass diese Randbedingungen und Restriktionen bei der Anwendung der Vorschriften genauestens eingehalten werden müssen, um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten. Die Einhaltung dieser Randbedingungen und Restriktionen liegt daher im Verantwortungsbereich des Anwenders.

In der TA Lärm wird für bodennahe kugelförmige Punktquellen, die z.B. durch Straßen- oder Schienenverkehr verursacht werden, auf die Anwendung der in der DIN ISO 9613-2 [2] beschriebenen Verfahren hingewiesen.

Anwendung der DIN ISO 9613-2 für bodennahe punktförmige Schallquellen

In der DIN ISO 9613-2 werden Verfahren zur Berechnung der Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien festgelegt. Mit den Verfahren kann der äquivalente A-bewertete Dauerschalldruckpegel von **bodennahen punktförmigen Schallquellen** mit bekannter Geräuschemission unter Witterungsbedingungen, die für die Schallausbreitung günstig sind, vorausberechnet werden.

Die Verfahren sind in der Praxis für die Schallausbreitung von verschiedenen punktförmigen Schallquellen im Freien anwendbar. Sie lassen sich direkt oder indirekt auf den Straßen- oder Schienenverkehr, auf industrielle Schallquellen und auf viele andere bodennahe Schallquellen anwenden. Eine Linienquelle kann in Linienabschnitte und eine Flächenquelle kann durch Flächenabschnitte unterteilt wer-

den, wobei jeder Abschnitt durch eine Punktquelle in seinem Mittelpunkt dargestellt werden kann.

Die DIN ISO 9613-2 ist nicht auf Fluglärm oder auf Druckwellen anwendbar.

Die Anwendung der DIN ISO 9613-2 setzt voraus, dass der Schall von einer Punktquelle mit konstanter Intensität auf der gesamten kugelförmigen Oberfläche emittiert wird. Die Annahme einer derartigen punktförmigen Schallquelle hat aufgrund der geometrischen Ausbreitung auf die Dämpfung des Schalls einen maßgeblichen Einfluss.

Nach der DIN ISO 9613-2 wird bei der Berechnung der Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung davon ausgegangen, dass der Schall von einer **kugelförmigen** Punktquelle mit einer Bezugsfläche von 1 m^2 abgestrahlt wird. Diese Annahme einer kugelförmigen Punktquelle beinhaltet, dass die Schallleistung als Kugelwelle abgestrahlt wird, d. h. die kugelförmige Schallquelle ist wie eine atmende oder pulsierende Kugel anzusehen, wobei die gesamte Kugeloberfläche in charakteristischer Form in radialer Richtung nach außen und nach innen schwingt. Die kugelförmige Schallquelle ändert dabei periodisch ihr Volumen und strahlt somit Kugelwellen aus.

Um den äquivalenten A-bewerteten Dauerschalldruckpegel bei Mitwind ermitteln zu können, wird die Octavbanddämpfung, die während der Schallausbreitung von der Punktquelle zum Empfänger auftritt, ermittelt. Die Dämpfung setzt sich hierbei aus verschiedenen bodennahen Effekten zusammen.

In der DIN ISO 9613-2 sind die betrachteten Witterungsbedingungen durchweg auf zwei Fälle beschränkt:

1. Ausbreitungsbedingungen bei leichtem Mitwind oder gleichwertige Bedingungen und
2. eine Vielzahl von Witterungsbedingungen, wie sie über Monate oder Jahre bestehen.

Bei Anwendung der DIN ISO 9613-2 ist die geschätzte Genauigkeit von $\pm 3 \text{ dB}$ für den Pegel $L_{AT}(DW)$ von Breitbandquellen nur für **mittlere Höhen h** von Quelle und Empfänger von **$5 \text{ m} < h < 30 \text{ m}$** bei einem **Abstand d** zwischen Quelle und Empfänger von **$100 \text{ m} < d < 1000 \text{ m}$** definiert.

Für Werte außerhalb dieser Restriktionen werden in

*April 2005. Als Manuskript **05/W/01-X** erstellt. Für dieses Manuskript behält sich der Verfasser alle Rechte vor.
Anschrift: Neues Land 26, 21522 Hohnstorf/Elbe, Tel.: 04139 - 6 96 91 49, E-Mail: Rudolf-Adolf.Dietrich@t-online.de

der DIN ISO 9613-2 keine Aussagen über die Genauigkeit der beschriebenen Berechnungsverfahren (Gleichungen 1 bis 10) gemacht. Ferner basieren diese Genauigkeitsschätzungen auf Situationen, bei denen weder Reflexionen noch Abschirmungen auftreten. D.h. bei Quellen, bei denen derartige Effekte aber zu erwarten sind, ist die Genauigkeit auch nicht definiert.

Bei Anwendung der DIN ISO 9613-2 sind somit im wesentlichen sechs Punkte zu beachten:

1. Bodennahe Schallquellen,
2. die Gültigkeit einer kugelförmigen Punktquelle bei konstanter Verteilung der Abstrahlung des Schalls an der Oberfläche,
3. nur bodennahe Dämpfungseffekte,
4. die geschätzte Genauigkeit von ± 3 dB ist nur für mittlere Höhen h von Quelle und Empfänger von $5 \text{ m} < h < 30 \text{ m}$ bei einem Abstand d zwischen Quelle und Empfänger von $100 \text{ m} < d < 1000 \text{ m}$ definiert,
5. die geschätzte Genauigkeit von ± 3 dB kann nur dann erreicht werden, wenn keine Reflexionen und Abschirmungen auftreten und
6. das für die Berechnung der Dämpfung des Schalls festgelegte Verfahren besteht speziell aus Oktavband-Algorithmen für Bandmittelfrequenzen von 63 Hz bis 8 kHz.

Die Anwendung der DIN ISO 9613-2 sollte somit den Nachweis einschließen, dass die Voraussetzungen zur Anwendung der Berechnungsverfahren bei der Ermittlung der Schallausbreitung in der Atmosphäre für ein spezielles Problem unter Wahrung der Schutzbedürftigkeit der Anwohner erfüllt sind.

Anwendung der DIN ISO 9613-2 für Windenergieanlagen

Die Schallemissionen der Windenergieanlagen werden durch das Gesamtsystem (Gründung, Monopile, Rotorblätter, Gondel, Getriebe) verursacht. Um die A-bewerteten Schalldruckpegel an den Immissionsorten vorhersagen zu können, wird bei der Durchführung der Schallprognosen für Windenergieanlagen die Ausbreitung des Schalls in der Regel unter Anwendung der DIN ISO 9613-2 berechnet.

Ob das System einer Windenergieanlage mit einer Höhe des Rotormittelpunktes von über 60 m und einem Rotordurchmesser von über 80 m als eine kugelförmige Punktquelle mit einer Abstrahlfläche von 1 m^2 bei gleichverteilter Abstrahlung des Schalls betrachtet werden kann, bedarf eines eindeutigen Beweises. Bekanntlich werden an den Spitzen der Rotorblätter, d.h. bei einem Abstand vom Rotormittelpunkt von ca. 40 m und somit bei einer maximalen Höhe von über 100 m, aufgrund der hohen Ge-

windigkeit an den Spitzen (ca. 250 - 300 km/h) Schallwellen emittiert.

Bedingt durch die Eigenformen und Eigenfrequenzen des Gesamtsystems (Gründung, Monopile, Rotorblätter, Gondel, Getriebe) und durch Schwingungen, die vom Wind induziert werden, ist sehr in Zweifel zu ziehen, dass eine gleichverteilte Abstrahlung des Schalls überhaupt nur annähernd erreicht wird. Allein durch die konstruktive Gestaltung (z.B. Monopile als Hohlzylinder, Rotorblätter als Profile, Gondel als Schalenstruktur), das Eigenschwingungsverhalten des Gesamtsystems, die sich ständig verändernde Lage der Rotorblätter (z.B. beim Vorbeistreichen am Monopile), die hierdurch verursachten Biegeschwingungen und durch die unterschiedliche Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Höhe sind eine Gleichverteilung und eine kugelförmige Schallabstrahlung nicht zu erwarten.

Die komplexen mechanischen Abläufe bei einem rotierenden Rotorsystem, in Verbindung mit einem Getriebe und Generator, erfordern auch die Einbeziehung der Ton- und Impulshaltigkeit sowie der tieffrequenten Geräuschemissionen.

Ein wissenschaftlich-technischer Nachweis, dass bei einer Windenergieanlage die Voraussetzungen, die für eine Anwendung der DIN ISO 9613-2 erforderlich sind, auch vorhanden sind, müsste hierfür erbracht werden. Der Beweis sollte auf theoretischer und experimenteller Basis erfolgen, damit sowohl das physikalische Modell als auch die hierzu notwendigen Messergebnisse zum Evaluieren und Validieren zur Verfügung stehen.

Ferner müsste der Nachweis erbracht werden, dass durch die pauschale Berücksichtigung der Witterungseinflüsse, wie sie in der DIN ISO 9613-2 erfasst werden, dem wirklichen Einfluss der statistischen Verteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit sowie der Wetterlagen am Tage und in der Nacht in ausreichendem Maße Rechnung getragen wird.

Um die DIN ISO 9613-2 für die Beurteilung der Schalltransmission bei Windenergieanlagen anwenden zu können, müsste ferner der Nachweis erbracht werden, dass die Einteilung des gesamten Frequenzspektrums in ein Oktavbandspektrum zur Durchführung einer Schallprognose für Windenergieanlagen ausreichend genaue und zuverlässige Immissionswerte liefert, wobei die Berechnung für jede Schallquelle und jede Oktave durchzuführen ist. Der Einfluss der Einteilung des gesamten Frequenzspektrums in ein Terzbandspektrum oder in ein Schmalbandspektrum auf die Ergebnisse einer Schallprognose sollte in diesem Zusammenhang ebenfalls überprüft werden.

Was nicht beabsichtigt ist, gemessen zu werden, kann auch nicht gemessen werden.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass in der DIN ISO 9613-2 in den Abschnitten 7.3.1 und 7.3.2 zwei unterschiedliche Modelle für das Bodenmeteorologiemass dargestellt sind. Im Extremfall können nach [3] bei reflektierendem Boden und größeren Abständen Unterschiede von 7,8 dB zwischen den beiden Modellen auftreten.

Schlussbemerkungen

Die obigen Ausführungen lassen erkennen, dass das Ziel von Schallemissionsberechnungen nicht nur darin bestehen darf, die akustischen Eigenschaften einer Windenergieanlage überschlägig zu beschreiben, sondern dass es in erster Linie darin bestehen muss, eine Sicherheitsphilosophie zum Schutze der Bevölkerung erkennen zu lassen. Hierzu gehört besonders, dass Definitionsbereiche, Grenzen und eventuelle Schwachstellen von theoretischen Ansätzen und Verfahren aufgezeigt und auf ihre Bedeutung bzw. Wirksamkeit überprüft werden. Als vertrauensbildende Maßnahmen und aus Sicherheitsgründen ist es daher erforderlich, dass auch Fragestellungen, die sich noch in einer Bearbeitungs- oder Erforschungsphase befinden, beachtet und offen dargelegt werden, z.B. tieffrequente Geräusche, feinere Frequenzauflösung.

Die theoretische Beschreibung der Schallausbreitung in der Atmosphäre erfordert zwangsläufig idealisierte Vereinfachungen und Annahmen, die auch in den Richtlinien und DIN- oder ISO-Vorschriften ihren Niederschlag finden.

Daher ist es äußerst gewagt, bei derartig komplexen Phänomenen, wie der Schallausbreitung in der Atmosphäre, rechnerisch ermittelte Ergebnisse auf der Basis vereinfachter Ansätze als die absolute Wahrheit darzustellen. Nur weil ein so rechnerisch ermittelter Wert unterhalb eines zulässigen Wertes liegt, muss dies in der Realität später nicht so eintreten.

Es sollte daher geprüft werden, ob die Anwendung der DIN ISO 9613-2 bei Windenergieanlagen mit einer nicht kugelförmigen Abstrahlungsfläche, mit einer Rotorhöhe von über 60 m und mit einer fiktiven mittleren Höhe zwischen der Schallquelle und dem Empfänger von > 30 m zu realistischen und somit zu zuverlässigen Ergebnissen für eine Beurteilung der Schallproblematik bei Wahrung der Schutzbedürftigkeit (siehe TA Lärm [1]) der Anwohner führt.

Da nach der TA Lärm seit 1998 jede Schallprognose eine Aussage zu ihrer Qualität enthalten muss, die DIN ISO 9613-2 jedoch für eine mittlere Höhe zwischen Quelle und Empfänger über 30 m keine Aussagen zur Genauigkeit der Schallprognose angibt, besteht ein dringender Bedarf, den fehlenden Erkenntnisstand für derartige Schallquellen zu beseitigen oder andere Konsequenzen aufgrund dieses Mangels zu ziehen.

Sämtliche Windenergieanlagen, für die Schallprognosen unter Anwendung der DIN ISO 9613-2 erstellt worden sind, sollten einer genauen theoretischen und messtechnischen Überprüfung unterzogen werden. Bis zur Klärung dieser Sachverhalte sollte geprüft werden, ob diese Windenergieanlagen nicht still zu legen sind, um längerfristig eventuelle Gesundheitsschäden bei den Menschen, die in unmittelbarer Nachbarschaft der Schallemitenten leben, auszuschließen.

Außerdem sollten am Tage und in der Nacht Langzeitmessungen unter verschiedenen Witterungsbedingungen durchgeführt werden, um Kenntnisse darüber zu erhalten, ob unter bestimmten Bedingungen (Wetterlage, Frequenzbereich, Leistungsprofil der Windenergieanlage u.a.) von den Windenergieanlagen Schalldruckpegel abgestrahlt werden, durch die die Gesundheit der Menschen beeinträchtigt bzw. geschädigt werden könnte. Hierbei sollte der tieffrequente Bereich (Infraschall) miteinbezogen werden. Hierdurch könnte die Basis zur Beurteilung der Langzeitwirkung des Schalls durch Windenergieanlagen auf den Menschen geschaffen werden. Es ist jedoch sicherzustellen, dass die Messergebnisse aus den Langzeitmessungen allgemein zugänglich archiviert und dokumentiert werden, um auch eventuelle gesundheitliche Spätfolgen erkennen und gegebenenfalls nachweisen zu können. So könnten gleichzeitig die erforderlichen Kenntnisse zur Klärung anstehender Haftungsfragen bereitgestellt werden.

Ferner sollten Schallprognosen bei laufenden Planungsverfahren nicht nur nach verwaltungsjuristischen Gesichtspunkten über- bzw. geprüft werden, sondern es sollten auch die naturwissenschaftlich-technischen Grundlagen, die bei der Durchführung der Schallprognosen angewandt werden, auf ihre Anwendbarkeit, Zuverlässigkeit und Genauigkeit hin überprüft werden.

Dies setzt jedoch eine enge Zusammenarbeit zwischen den juristischen und natur-/ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten voraus.

Im Rahmen der Genehmigungsverfahren kommt den Behörden hierbei eine besondere Verantwortung zu.

Literatur

- [1] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm), BMBI. 1998
- [2] DIN ISO-9613-2, Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien
- [3] Kühner, D.: Schallimmissionsprognose und Messung nach TA Lärm, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 46 (1999) Nr. 2, S. 50 - 60