

ANALYSE

der Verfahren zur Durchführung
von
Schallprognosen für Windenergieanlagen

Dr. rer. nat. Dipl.-Ing. R. A. Dietrich

IBSNM

© Ingenieur-Büro für Systemanalyse und Numerische Modellierung
21522 Hohnstorf/Elbe, Neues Land 26, Tel. 04139 – 6 96 91 46
E-Mail: Rudolf-Adolf.Dietrich@t-online.de
Homepage: <http://www.Rudolf-Adolf-Dietrich.de>

Copyright © April 2005 Dr. R. A. Dietrich.

Die vorliegenden Vortragsvorlagen wurden nach bestem Wissen und Gewissen auf der Basis des Standes der Wissenschaft und Technik erarbeitet. Für die Anwendung und Verwendung der Ergebnisse sowie für eventuell daraus resultierende Folgen wird keine Gewähr und keine Haftung übernommen.

Die Vortragsvorlagen sind urheberrechtlich geschützt. Die hierdurch begründeten Rechte bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten und bedürfen der schriftlichen Genehmigung des Verfassers.

Eine Vervielfältigung der Vortragsvorlagen oder von Teilen der Vorlagen ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland zulässig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Das Copyright sowie die Nutzungs- und Urheberrechte liegen uneingeschränkt beim Verfasser. Eine Übertragung von Teilen der Nutzungsrechte bedarf der Schriftform.

Ziele des Vortrages

- Aufzeigen der Struktur (Philosophie) der Verfahren zur Durchführung einer Schallprognose für Windenergieanlagen
- Erläuterung und Bewertung der einzelnen Verfahrensschritte
- Anwendbarkeit der vorhandenen Vorschriften bei Windenergieanlagen

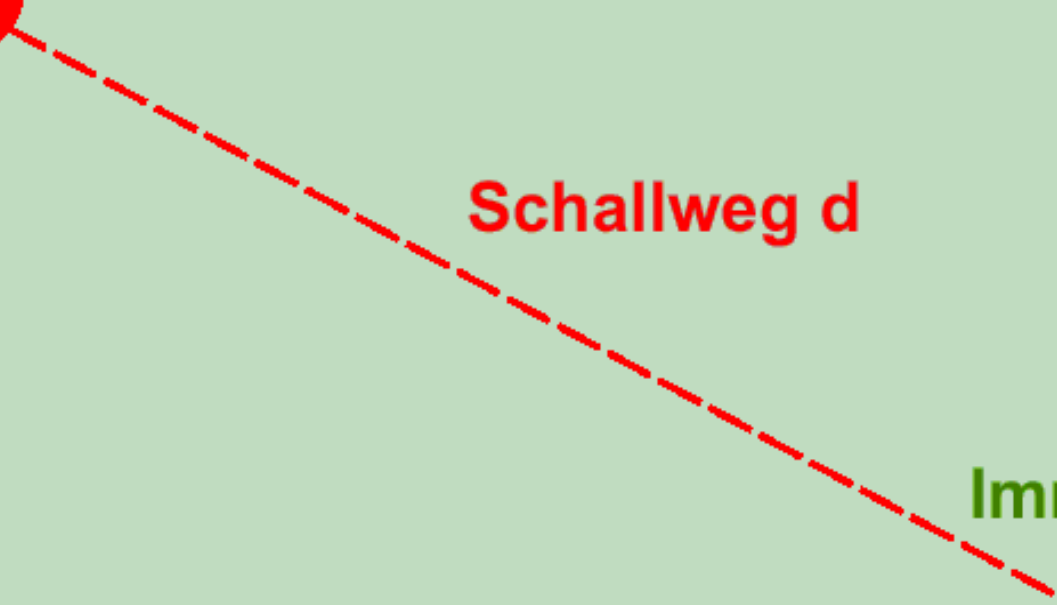
Systemskizze (1)

Emissionsort

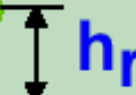


h_s

Schallweg d



Immissionsort



h_r



Gesetze, Richtlinien sowie DIN- und ISO- Normen (2)

BlmSchG

TA-Lärm

Emission

DIN 45 635

VDI 2571

DIN EN 61400-11

Transmission

DIN ISO 9613-2

VDI 2714

VDI 2720

Immission

DIN 45641

DIN 45645

DIN 45680

VDI 2058

Physikalische Effekte (1)

Emission

Geometrie der Schallquelle

- Punktförmig, d. h. kugelf. Ausbreitung

Frequenzbereiche des Schalls

- Infraschall (Körperschall) unter 20 Hz
- Hörbarer Schall 20 Hz bis 16 000 Hz
- Ultraschall über 20 000 Hz

Physikalische Effekte (2)

Transmission (1)

Einflussgrößen

- Richtwirkung
- Dämpfung aufgrund der Divergenz
- Dämpfung durch Absorption der Luft
- Dämpfung durch den Erdboden
- Reflexion am Erdboden
- Dämpfung durch Barrieren bzw. Bewuchs
- Ton- und Impulshaltigkeit
- Temperatur
- Windrichtung

Physikalische Effekte (2)

Transmission (2)

Materialgrößen des Schallfeldes

- Feuchtigkeit der Luft
- Dichte der Luft
- Spezifische Wärmekapazität
- Adiabatenexponent
- Schallgeschwindigkeit
- Kompressionsmodul
- Wärmeleitfähigkeit
- Viskosität

Pegelmaße

Schalldruckpegel

Schallintensitätspegel

Schalleistungspegel

Schalldruckpegel (1)

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right) \quad [\text{dB}]$$

p = gemessener Schalldruck

p₀ = Schalldruck bei der Hörschwelle,
2 • 10⁻⁵ Pa = 2 • 10⁻¹⁰ bar

Einflussgrößen (1)

Dauerschalldruckpegel einer Quelle am Immissionsort

$$L_{AT}(DW) = L_{WA}(A) + D_C - A - C_{met} + K_T + K_I$$

A-bewerteter
Dauerschall-
druckpegel
bei Mitwind

A-bewerteter
Schalleistungs-
pegel

Richtwirkungs-
korrektur

Meteorolo-
gische
Korrektur

Zuschläge für
Ton- und Impuls-
haltigkeit

Dämpfung bei
der Ausbreitung

Tieffrequente Geräusche und Infraschall (1)

- Bei einem Schall im Frequenzbereich unterhalb von etwa 20 Hz werden vom Menschen differenzierte Tonhöhen nicht mehr wahrgenommen.
- Messtechnisch kann nachgewiesen werden, dass Windenergieanlagen Infraschall verursachen.
- Vor 1982 war die These des Bundesgesundheitsamtes, dass Infraschall eine **"unhörbare Gefahr"** darstelle.
- Im Vorwort einer Studie von 1982 steht: **"Jedoch erwies sich unhörbarer Infraschall als völlig harmlos"**.
- Die TA-Lärm nimmt hinsichtlich der Beurteilung von Infraschall Bezug auf die DIN 45680.

Tieffrequente Geräusche und Infraschall (5)

Zitat aus: DIN 45680; Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft.

Zitat:

"Die Betroffenen spüren einen Ohrendruck und klagen vielfach über Unsicherheits- und Angstgefühle. Als spezielle Wirkung ist bei Infraschall eine Herabsetzung der Atemfrequenz bekannt. Sekundäreffekte (z.B. Anregung von Sekundärschall durch Rütteln von Fenstern und Türen oder Gläserklirren, spürbare Vibrationen von Gebäudeteilen und Gegenständen) sind häufige Ursache starker Belästigungen. "

Tieffrequente Geräusche und Infraschall (6)

Zitat aus: DIN 45680; Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft.

Zitat:

"Im Frequenzbereich von 20 Hz bis etwa 60 Hz sind die Geräusche bei entsprechenden Pegeln hörbar, jedoch ist die Tonhöhenempfindung nur sehr schwach ausgeprägt. Vielfach sind Fluktuationen (Schwebungen) wahrzunehmen. Die Betroffenen klagen oft über ein im Kopf auftretendes Dröhn-, Schwingungs- oder Druckgefühl, das nur bedingt von der Lautstärke abhängig ist und bei stationären Geräuschimmissionen zu starken Belästigungen führt. "

Tieffrequente Geräusche und Infraschall (3)

Zitat aus: Untersuchungen zu Gehörsensationen,
Geräuschen und Schlafstörungen

Prof. Dr. W. Mosgöller, Uni Wien, Institut f. Krebsforschung

Prof. Dr. M. Kundi, Uni Wien, Institut für Umwelthygiene

Zitat:

"Niederfrequente Schwingungen können vegetative Symptome provozieren und zu migräneartigen Kopfschmerzen führen."

Tieffrequente Geräusche und Infraschall (8)

Zitate aus: Infraschall von Windenergieanlagen: Realität oder Mythos?
Helmut Klug, DEWI Magazin Nr.20, Februar 2002

Zitate:

"... Messungen ... haben jetzt bestätigt, dass die von Windenergieanlagen abgestrahlten Schallpegel im Infraschallbereich weit unter der Wahrnehmbarkeitsschwelle liegen und damit keine Gefahren von diesen Anlagen ausgehen."

"Auch für Infraschall gelten die physikalischen Gesetze der Akustik und diese besagen, dass auch Infraschallpegel, **wenn auch weniger stark** als höherfrequenter Schall, mit der Entfernung zur Schallquelle abnehmen."

Tieffrequente Geräusche und Infraschall (7)

Zitate aus: Akustische Wellen und Felder
Deutsche Gesellschaft für Akustik

Zitate:

"Infraschall bezeichnet Vorgänge unterhalb des menschlichen Hörvermögens, nicht aber außerhalb des menschlichen Wahrnehmungsvermögens."

"Infraschall beruht auf sehr langwelligen Ausbreitungsvorgängen, welche sich über **Tausende von Kilometern fortpflanzen** können."

"Infraschall unterliegt in allen Ausbreitungsmedien **nur einer sehr schwachen Dämpfung**."

Tieffrequente Geräusche (9) Frequenzbewertung

"Bei tieffrequenten Geräuschimmissionen und insbesondere bei Tonhaltigkeit können je nach Einwirkungsort und -zeit erhebliche Belästigungen bereits auftreten, wenn die Hörschwelle nur geringfügig überschritten wird.

Wegen der unterschiedlichen Frequenzabhängigkeiten der A-Bewertungskurve und der Hörschwelle lässt sich an Hand der Einzelangabe mit dem A-bewerteten Schalldruckpegel L_A nicht sagen, ob und in welchem Umfang eine Hörschwellenüberschreitung vorliegt. So liegt ein Ton mit

$f_T = 20 \text{ Hz}$ und $L_T = 70,5 \text{ dB}$ unter der Hörschwelle und bei

$f_T = 80 \text{ Hz}$ und $L_T = 42,5 \text{ dB}$ deutlich über der Hörschwelle.

Beide Töne hätten jedoch denselben

A-bewerteten Pegel $L_{AT} = 20 \text{ dB}$. "

Quelle: DIN 45680, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen

Schlussbemerkungen (1)

- Die Annahme, dass der Wert für die Richtwirkung "0.0" gesetzt wurde, sollte überprüft und stichhaltig begründet werden.
- Es sollte fundierter dargelegt werden, dass die Annahmen, $K_T = 0$ dB und $K_I = 0$ dB, für die geplanten WEA berechtigt sind. Es sollte garantiert werden, dass die Werte in der Praxis auf keinen Fall überschritten werden.
- Der Einfluss des Windes auf die Schallausbreitung sollte unter Berücksichtigung der statistischen Verteilung der Windrichtung untersucht werden.

Schlussbemerkungen

- Die Festlegung des fiktiven Abstandes zwischen dem Rotormittelpunkt und dem Immissionsort als relevante Größe bei der Berechnung der Dämpfungen des Schalls sollte verifiziert werden.
- Die Gültigkeit der Anwendung der DIN ISO 9613-2 für Schallquellen bei einer mittleren Höhe zwischen Quelle und Empfänger > 30 m sollte überprüft werden.

Schlussbemerkungen (2)

Die Erläuterungen lassen erkennen, dass stärker geprüft werden muss, ob die Voraussetzungen, Annahmen und Auswirkungen in ausreichendem Maße begründet bzw. nachgewiesen werden, oder ob noch berechtigte Zweifel und Bedenken bestehen.

Anwendung der Verfahren (1)

- Die Verfahren in der DIN ISO 9613-2 lassen sich für verschiedene **bodennahe** Schallquellen, z.B. für den Straßen- oder Schienenverkehr, für industrielle Schallquellen und für Bautätigkeiten, anwenden.
- Sie sind nicht auf Fluglärm oder auf Druckwellen, die durch Sprengungen verursacht werden, anwendbar.

Gültigkeit der DIN ISO 9613-2

Geschätzte Genauigkeit für den Pegel $L_{AT}(DW)$:
(Breitbandquellen ohne Reflexionen und Abschirmungen)

Genauigkeit ± 3 dB.

Bei folgenden **Restriktionen** für die
mittlere Höhe h ($5 \text{ m} < h < 30 \text{ m}$)

und für den

Abstand d ($100 \text{ m} < d < 1000 \text{ m}$).

Für mittlere Höhen $h > 30 \text{ m}$ werden **keine** Aussagen über die Genauigkeit gemacht.

Die Genauigkeit der Ergebnisse bei Windenergieanlagen mit einer mittleren Höhe zwischen Quelle und Empfänger von $h > 30 \text{ m}$ ist daher undefiniert.

Anwendbarkeit der DIN ISO 9613-2

- Die Genauigkeit der DIN ISO 9613-2 ist nur für punktförmige Schallquellen definiert, wenn die mittlere Höhe von Quelle und Empfänger kleiner als 30 m über Grund ist.
- Für punktförmige Schallquellen, bei denen die mittlere Höhe größer als 30 m über Grund ist, ist die Genauigkeit der DIN ISO 9613-2 somit nicht definiert.
- Daher ist die Genauigkeit der Schallimmission durch alle WEA, bei denen die mittlere Höhe größer als 30 m über Grund ist und deren Schallprognose auf Anwendung der DIN ISO 9613-2 beruht, nicht definiert. Die WEA müssten somit zwangsläufig stillgelegt werden.

**Vielen Dank
für Ihr Interesse
und für Ihre Aufmerksamkeit**