



WIND-consult

Die VDI 4101 und die Phänomene bei der Schallausbreitung im Freien

WIND-consult

Ingenieurgesellschaft für umweltschonende Energiewandlung mbH

Christian Hoffmann M. Eng.

Reuterstr. 9

18211 Admannshagen-Bargeshagen

www.wind-consult.de

company@wind-consult.de



Status quo Genehmigungsverfahren

- Untersuchung der Geräuscheinwirkungen an den nächstgelegenen Wohngebäuden / Immissionsorten
- Heranziehung der energieäquivalenten Dauerschalldruckpegel $L_{p,eq}$ und der maximalen Mittelungspegel $L_{p,max}$
- Bei der Genehmigung von WEA geht vor allem der energieäquivalente Dauerschalldruckpegel in die Bildung des Beurteilungspegels L_r nach TA Lärm ein
- Vergleich der Beurteilungspegel mit den Immissionsrichtwerten der TA Lärm

Grundlagen für $L_{p,eq}$ und $L_{p,max}$

Emission

A-bewertete Oktav-Schallleistungspegel im Frequenzbereich von 63 Hz bis 8 kHz

Transmission

Approximation der physikalischen Effekte durch Schallausbreitungsmodell ISO 9613-2 (ISO-Modell)

Modifikation des ISO-Modells durch Interimsverfahren

Betrachtungseinschränkung durch LAI-Hinweise 2016:

ausschließlich Mitwindsituation

konstante Temperatur (10°C)

konstante relative Luftfeuchte (70%)

Ziele der VDI 4101

Ansatz der „Zwei-Pegel-Indikator-Methode“ bei definierter Lärmsituation (max. Emission, Mitwind bei bestimmter Temperatur und Luftfeuchte) unter Umständen nicht ausreichend für tatsächliche und zuverlässige Beurteilung

Alternative (bessere) Analysemöglichkeit der Belästigung durch Geräusche anhand von Pegelverteilungen für bestimmte Lärmsituationen und Ausbreitungsbedingungen (z.B. unterschiedliche Wetter- und Bodenverhältnisse)

Ziele der VDI 4101

Vorstellung und Beschreibung von Konzepten zur Vorausberechnung von Schallimmissionen

- unabhängig der Geräuschquellenart
- ohne Beschränkung auf den Vorausberechnungszweck

Standardisierte Form der Prognostizierung der Pegelverteilung für spezifische Ausbreitungsbedingungen

- unterschiedliche Wetter- und Bodenbedingungen

Anleitung zum Vergleich verschiedener Schallausbreitungsmodelle untereinander

Anwendungsbereich der VDI 4101

Definiert als Ergänzung zum ISO-Modell

Umfassung von allgemeinen und spezifischen Verfahren für die Beschreibung der Schallausbreitung im Freien

Richtlinienreihe setzt sich aus mehreren Blättern zusammen

Blatt 1: allgemeine Beschreibung aller relevanten
Merkmale der Transmission und Betrachtung
deren Grundlagen

Blatt 2: Windenergieanlagen

Folgeblätter in Erarbeitung, ausgerichtet auf spezielle Geräusche bzw. Emissionsquellen

Folgeblätter definieren eine spezifische Klassifikation von Schallausbreitungssituationen (SPS) unter Berücksichtigung von Blatt 1



VDI 4101 Blatt 1

Beinhaltet Definitionen der Merkmale der Schallausbreitung

Beinhaltet Beschreibung aller Schallausbreitungsphänomene

Definition eines allgemeinen Schemas zur Klassifizierung von Schallausbreitungssituationen

- Mit-, Gegen- und Querwind
- Ausbreitung über Wasser
- nicht bodennahe Geräuschquellen

Verfahrensweise zum Vergleich von Schallausbreitungsmodellen

VDI 4101 Blatt 1 – Merkmale und Phänomene

Emission (Eigenschaften der Quellen)

- Modellierung der Schallquelle durch eine Anzahl von Punktschallquellen
- Beschreibung jede Punktschallquelle durch die orthogonalen Kenngrößen Quellenstärke, Richtwirkung und Frequenzabhängigkeit (unabhängig voneinander)

Transmission (Schallausbreitungsphänomene)

- Möglichkeit der Aufteilung der Transmission auf einzelne Ausbreitungswege (Direktschall ohne Bodenreflexion, erste Bodenreflexion usw.)
- Bestimmung der Ausbreitung von Schall im Freien durch die lokale effektive Schallgeschwindigkeit (u.a. abhängig vom lokalen Verhältnis zwischen und Luftdruck und Luftdichte)

VDI 4101 Blatt 1 – Merkmale und Phänomene

Transmission (Schallausbreitungsphänomene)

- Geometrische Ausbreitung
- Reflexion
- Brechung
- Luftabsorption
- Beugung
- Streuung
- Fokussierung und Defokussierung
- Lokal reagierende Oberflächen

VDI 4101 Blatt 1 – Merkmale und Phänomene

Beschreibung und Bewertung unterschiedlicher SPS bzw. Einflüsse akustisch relevanter Prozesse:

- Indifferent -
- Schwach +
- Moderat ++
- Stark +++

Bewertung anhand der zuvor beschriebenen Phänomene

Bewertung dient lediglich als grobe Orientierung, kann im Einzelfall abweichen

VDI 4101 Blatt 1 – Merkmale und Phänomene

| Schallausbreitungssituation | | Lagebeschreibung | | | Reflexion | | Streuung | | | Brechung (Refraktion) | Beugung (Diffraktion) | Besonderheiten |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|-------------------------------|----------|-----------|------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| | | Quelle | Ausbreitungsweg | Empfänger | Boden | Hindernis | Boden | Hindernis | Atmosphäre | | | |
| 01 | allgemein, nah | bodennah | eben, < 200 m | < 5 m über Grund | +++ | | ++ | - | + | + | + | |
| 02 | | bodennah | eben, < 200 m | > 5 m über Grund | ++ | | ++ | - | + | + | + | |
| 03 | allgemein, weit | bodennah | eben, > 200 m | < 5 m über Grund | +++ | | ++ | - | ++ | +++ | + | |
| 04 | | bodennah | eben, > 200 m | > 5 m über Grund | ++ | | ++ | - | + | ++ | + | |
| 05 | Lärmschutzwand/-wall | bodennah | Barriere quellnah | < 5 m über Grund | ++ | Beugungskante | ++ | ++ | ++ | ++ | +++ | Beugungskante |
| 06 | urban Straßenschlucht | bodennah | Straßenschlucht | unterschiedlich | ++ | Fassade | + | ++ | + | + | +++ | Fassade |
| 07 | urban Straße/Hinterhof | bodennah | Straßenschlucht Dach | unterschiedlich | ++ | Fassade, Dachform | + | ++ | + | ++ | +++ | Fassade, Dachform |
| 08 | Hügelland, Gebirge | Talmitte bodennah | eben, > 200 m | Talboden < 5 m über Grund | +++ | | ++ | - | ++ | +++ | + | |
| 09 | | Talmitte bodennah | Tal, > 200 m | Hang < 5 m über Grund | + | | + | - | + | + | + | |
| 10 | | Talmitte bodennah | Tal, Hangkante | Plateau < 5 m über Grund | ++ | | ++ | - | ++ | ++ | +++ | |
| 11 | | Hangfuß, bodennah | Hang, > 200 m | Hang < 5 m über Grund | +++ | Hangwinde | ++ | - | + | +++ | + | Hangwinde |
| 12 | | Viadukt | Tal | Talboden < 5 m über Grund | +++ | | ++ | ++ | ++ | + | +++ | |
| 13 | | WKA auf Hügel | > 200 m | Ebene | ++ | Hangwinde Low Level Jet (LLJ) | ++ | - | ++ | ++ | + | Hangwinde LLJ |
| 14 | | WKA, Flugzeug | (50...250) m über Grund | eben, < 200 m | < 5 m über Grund | ++ | | ++ | - | + | + | + |
| 15 | (50...250) m über Grund | | eben, > 200 m | < 5 m über Grund | ++ | gegebenenfalls LLJ | ++ | - | ++ | ++ | + | gegebenenfalls LLJ |
| 16 | Flugzeug | > 250 m über Grund | eben, > 200 m | < 5 m über Grund | ++ | | ++ | - | ++ | + | + | |

VDI 4101 Blatt 1 – Klassierung der SPS

Beeinflussung der Schallausbreitung im Freien durch akustische, meteorologische und topografische Eigenschaften

Eigenschaften mit Bezug auf Geometrie zwischen Quelle und Empfänger mehr oder weniger relevant für die Schallausbreitung

Klassierung der Einflüsse auf unterschiedliche SPS in 4 Hauptkategorien mit jeweiligen Unterkategorien (UK)

VDI 4101 Blatt 1 – Klassierung der SPS

1. Quelle

Modellierung jeder realen Schallquelle durch ideale Ersatzschallquelle (Punkt-, Linien- oder Flächenschallquelle)

Unterkategorien:

Quellenstärke (5 UK)

sehr stark ... sehr schwach

Richtwirkung (4 UK)

stark ... ungerichtet

Frequenzabhängigkeit (4 UK)

hoch ... unabhängig

VDI 4101 Blatt 1 – Klassierung der SPS

2. Lage

Kennzeichnung der grundsätzlichen Geometrie der SPS
(relative Position der Quelle zum Empfänger)

Unterkategorien:

Quellenhöhe (3 UK)

hoch ... bodennah

Empfängerhöhe (2 UK)

hoch ... mittelhoch

Abstand (5 UK)

sehr nah ... sehr weit

VDI 4101 Blatt 1 – Klassierung der SPS

3. Atmosphäre

Beschreibung des Einflusses der Eigenschaften der Atmosphäre auf die SPS

Unterkategorien:

Luftabsorption (3 UK)

stark ... schwach

Refraktion/Wind (7 UK)

starker Mitwind ... starker Gegenwind

Refraktion/Temperaturgradient (2 UK)

starker positiv ... schwach positiv

Streuung (3 UK)

stark ... schwach



VDI 4101 Blatt 1 – Klassierung der SPS

4. Topografie

Umfassung aller Einflüsse der Landschaft inkl. Schirmungen

Unterkategorien:

Bodenrelief Schirmwirkung(3 UK)

stark ... keine

Bodenbeschaffenheit Porösität (3 UK)

stark ... schwach

Vegetation Reflexion-/Schirmwirkung (3 UK)

sehr nah ... sehr weit

VDI 4101 Blatt 1 – Klassierung der SPS

| Abschnitt | Kategorie | Unterkategorien | Klassen | | | | | | |
|-----------|------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|
| 6.1.2 | Quelle | Quellstärke | sehr stark | stark | moderat | schwach | sehr schwach | | keine |
| | | Richtwirkung | stark | moderat | schwach | ungerichtet | | | keine |
| | | Frequenz-abhängigkeit | hoch | mittel | tief/gering | unabhängig | | | keine |
| 6.1.3 | Lage | Quellhöhe | sehr hoch | mittelhoch | bodennah | | | | |
| | | Empfängerhöhe | sehr hoch | mittelhoch | bodennah | | | | |
| | | Abstand | sehr nah | nah | mittel | weit | sehr weit | | |
| 6.1.4 | Atmosphäre | Luftabsorption | stark | moderat | schwach | | | | |
| | | Refraktion/ Wind | stark Mitwind | moderat Mitwind | schwach Mitwind | indifferenten Querwind | schwach Gegenwind | moderat Gegen- wind | stark Gegen- wind |
| | | Refraktion/ Temperatur | starker Temperatur- gradient | schwacher Temperatur- gradient | | | | | |
| | | Streuung | stark | moderat | schwach | | | | keine |
| 6.1.5 | Topografie | Bodenrelief | stark | moderat | schwach | | | | keine |
| | | Boden- beschaffenheit | stark | mittel | schwach | | | | keine |
| | | Schirmung | stark | mittel | schwach | | | | keine |
| | | | | | | | | | |

VDI 4101 Blatt 1 – weitere Themen

Lärmprognoseverfahren und Schallausbreitungsmodelle

Zusammenstellung wesentlicher Anforderungen an Lärmprognoseverfahren und Schallausbreitungsmodelle (entsprechend der jeweiligen Zweckbestimmung)

Verfahren unterscheiden sich hinsichtlich ihres physikalischen Approximationsgrads

grundsätzliche Unterscheidung:

standardisiertes / praxisnahe Verfahren

werden in der Regel im 5-Jahres-Rhythmus überprüft

nicht standardisiertes Verfahren

im reinen Forschungsbereich angesiedelt

VDI 4101 Blatt 1 – weitere Themen

Ringversuche zum Vergleich von Schallausbreitungsmodellen

Definition der Voraussetzung

Definition der Testsituation

Auswahl der Testsituation

Definition der Zielgrößen

Bestimmung der Klasseanzahl von meteorologischen
Vertikalprofilen mithilfe von Schallausbreitungsrechnungen

Einteilung der meteorologischen Klassen nach VDI 3783
Blatt 8

VDI 4101 Blatt 2 – Windenergieanlagen

Beschreibung der Besonderheiten bei der Ermittlung der Immission von WEA als Geräuschquelle

Ausführungen entsprechen dem Interimsverfahren (Modifikation des ISO-Modells)

Definition von 2 Testaufgaben zur Qualitätssicherung der Prognose / Feststellung der softwaretechnisch korrekten Umsetzung der Vorgaben aus Blatt 2

Formblatt zur Konformitätserklärung eines Softwareherstellers



Zusammenfassung

Beschreibung der Immission durch ein „Zwei-Pegel-Indikator-Prinzip“
($L_{p,eq}$ und $L_{p,max}$)

Methode unter Umständen nicht ausreichend für zuverlässige Beurteilung

Betrachtung der Pegelverteilung als Alternative (eines der Ziele der VDI 4101)

VDI 4101 als Ergänzung zum ISO 9613-2 Modell

VDI 4101 Blatt 1 umfasst allgemeine Beschreibung relevanter Merkmale der Transmission

VDI 4101 Blatt 1 definiert allgemeines Schema zur Klassifizierung von Schallausbreitungssituationen

VDI 4101 Blatt 2 speziell für Windenergieanlagen

Richtlinienreihe VDI 4101 noch als Entwurf

Danke
für Ihre
Aufmerk-
samkeit



WIND-consult

Christian Hoffmann M.Eng.

Leiter Arbeitsgruppe Schall

Leiter (fachl. Vertantw.) der Messstelle gemäß § 29b BImSchG

WIND-consult GmbH

Reuterstr. 9

18211 Admannshagen-Bargeshagen

www.wind-consult.de

christian.hoffmann@wind-consult.de

