

Schallimmissionsprognose von Windenergieanlagen Wie genau kann diese sein?



Grundlagen / Rechtl. Situation

Genehmigungspflicht für WEA ≥ 50 m nach BImSchG

Einhaltung der Immissionsrichtwerte nach TA-Lärm gefordert

Genehmigung in der Regel 2-stufig (Durchführung von 2 unabhängigen

1. Schallimmissionsprognose
2. Abnahmemessung nach Inbetriebnahme

A.2.3.4 Schallausbreitungsrechnung

Die Rechnung ist für jede Schallquelle und jede Oktave entsprechend **DIN ISO 9613-2**, Entwurf Ausgabe September 1997, Abschnitt 6 durchzuführen. Dabei werden die Schalldämpfung aufgrund von Schallausbreitung durch Bewuchs, Industriegelände und Bebauungsflächen nach Anhang A, Abschirmungen und Reflexionen nach den Abschnitten 7.4 und 7.5 der DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997, berücksichtigt.

Der Mittelungspegel L_{Aeq} am maßgeblichen Immissionsort ergibt sich für jede Schallquelle nach Gleichung (5) der DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997.

Grundlagen / ISO 9613

Anwendungsbereich

- Berechnung des äquivalenten A-bewerteten Dauerschalldruckpegel von Schallquellen mit bekannter Geräuschemissionen bei schallausbreitungsgünstigen Wetterbedingungen:
Mitwindausbreitung oder gleichwertig gut entwickelte, leichte Bodeninversion, wie sie üblicherweise nachts auftritt
- Geeignet für bodennahe Quellen (nicht anwendbar auf Fluglärm!?)
- Geeignet für Abstände bis 1000 m
- Die ISO 9613-2 ist ein Verfahren der Genauigkeitsklasse 2

Tabelle 5: Geschätzte Genauigkeit für Pegel $L_{AT}(DW)$ von Breitbandquellen, berechnet unter Anwendung von Gleichung (1) bis Gleichung (10)

Höhe, h	Abstand, d^*	
	$0 < d < 100$ m	$100 \text{ m} < d < 1000$ m
$0 < h < 5$ m	± 3 dB	± 3 dB
$5 \text{ m} < h < 30$ m	± 1 dB	± 3 dB

* h ist die mittlere Höhe von Quelle und Empfänger.
 d ist der Abstand zwischen Quelle und Empfänger.

ANMERKUNG: Diese Schätzungen basieren auf Situationen, wo weder Reflexionen noch Abschirmung auftreten.

Grundlagen / ISO 9613

Berechnung des äquivalenten Oktavband-Dauerschalldruckpegel bei Mitwind

$$L_{fT}(DW) = L_W + D_C - A \quad (3)$$

- L_W : Oktavband-Schalleistungspegel
- D_C : Richtwirkungskorrektur
- A : Oktavbanddämpfung der Schallausbreitung

$$L_{AT}(DW) = 10 \lg \left\{ \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^n 10^{0,1[L_{fT}(ij) + A_f(j)]} \right] \right\} \text{ dB} \quad (5)$$

$$A = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}} \quad (4)$$

Dabei ist:

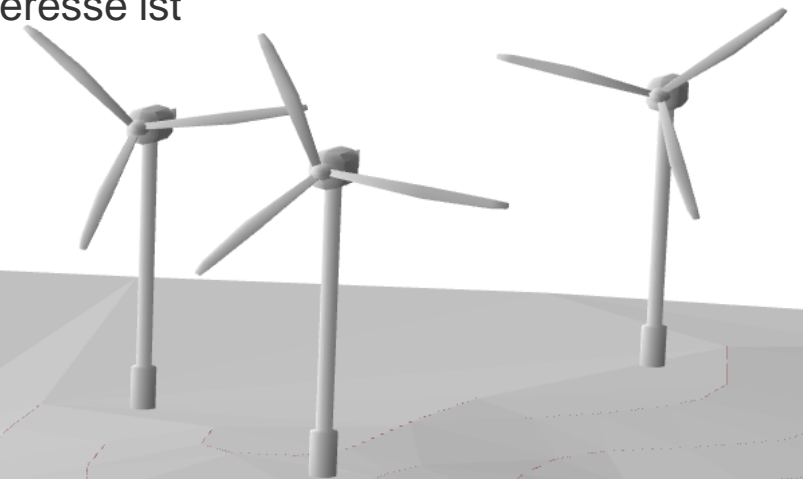
- A_{div} die Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung (siehe 7.1);
- A_{atm} die Dämpfung aufgrund von Luftabsorption (siehe 7.2);
- A_{gr} die Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts (siehe 7.3);
- A_{bar} die Dämpfung aufgrund von Abschirmung (siehe 7.4);
- A_{misc} die Dämpfung aufgrund verschiedener anderer Effekte (siehe Anhang A).

Grundlagen / ISO 9613

ISO 9613-2 definiert zwei Berechnungsmodelle:

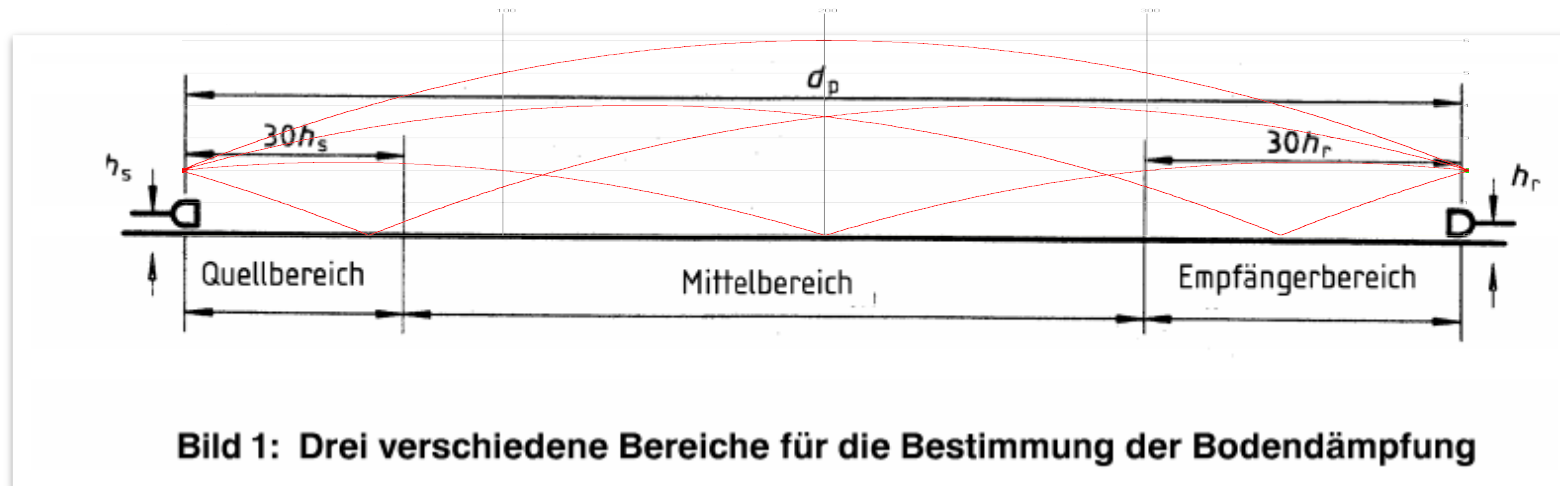
- Allgemeines Verfahren:
 - Frequenzabhängige Berechnung (Oktavbänder 63 Hz bis 8 kHz)
 - Komplexes Modell für Bodendämpfung

- Alternatives Verfahren, anwendbar unter folgenden Bedingungen:
 - wenn nur A-bewerteter Schalldruckpegel am Immissionsort von Interesse ist
 - wenn der Boden überwiegend porös ist
 - wenn der Schall kein reiner Ton ist

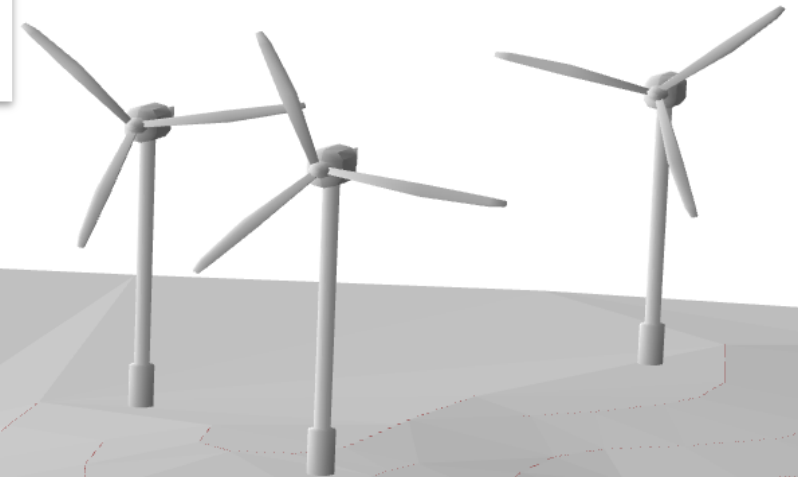


Grundlagen / ISO 9613

Allgemeines Verfahren - ISO 9613-2 ist ein 4-Strahlenmodell - passt dieses Modell zu WEA?

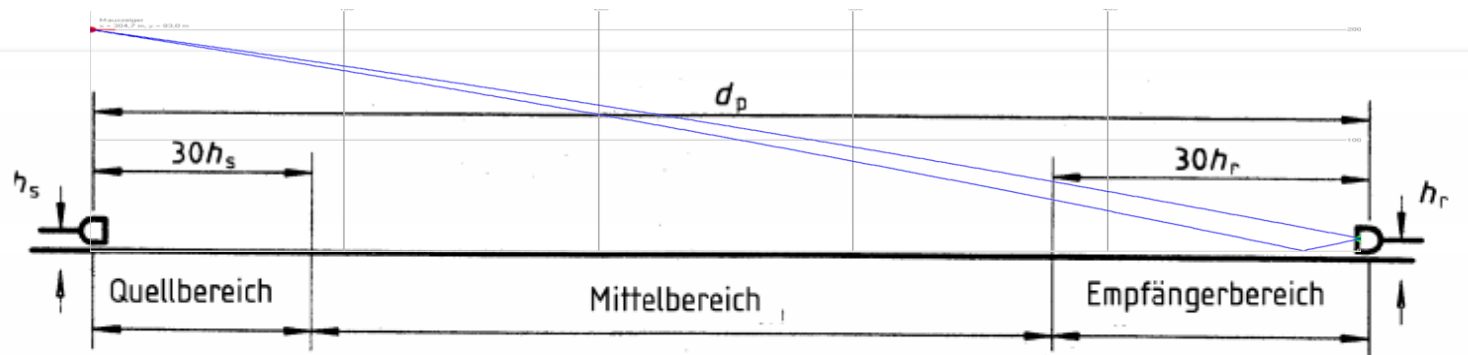


$$A_{gr} = A_s + A_r + A_m \quad (9)$$



Grundlagen / ISO 9613

Nein, bei WEA gibt es nur eine Bodenreflexion!



Die Quelle kann ohne Bodeneinfluss abstrahlen: $D_C = 0$

Es gibt nur eine Bodenreflexion: komplexes A_{gr} nicht notwendig!

Einfallswinkel des Schallstrahls nicht streifend – bei Grasboden ca. 90 % der Schallenergie reflektiert: $A_{gr} = -3$ dB ?

Grundlagen / ISO 9613

Alternatives Verfahren

- Luftabsorption für Oktavband 500 Hz
- vereinfachte Berechnung der Bodendämpfung

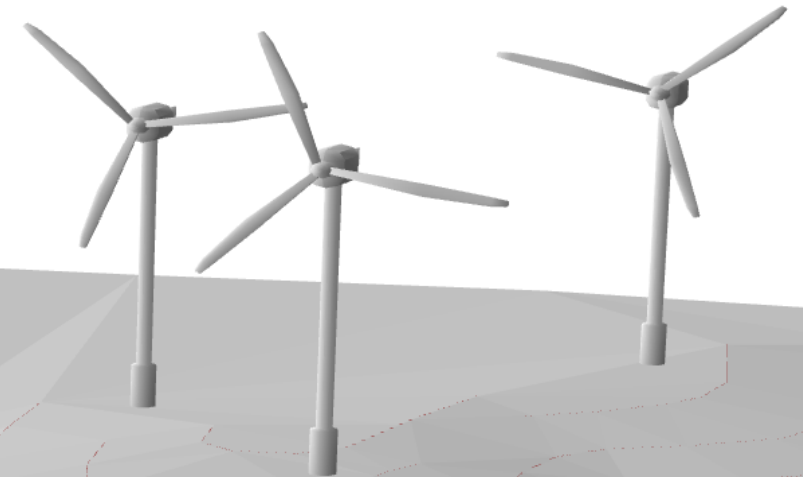
$$A_{gr} = 4,8 - (2h_m/d) [17 + (300/d)] \geq 0 \text{ dB} \quad (10)$$

- Bei Berechnung Bodendämpfung nach Gleichung (10) zusätzlicher Term D_Ω in D_C

$$D_\Omega = 10 \lg \left\{ 1 + \frac{d_p^2 + (h_s - h_r)^2}{d_p^2 + (h_s + h_r)^2} \right\} \text{ dB} \quad (11)$$

- Bsp: WEA 120 m Höhe, IO: 1200 m, 4 m Höhe ->

$$A_{gr} = 3,03 \text{ dB} / D_\Omega = 3,01 \text{ dB}$$



Das Interimsverfahren

Auslöser: Untersuchung zur Ausbreitungsbedingung für die Geräusche hoher Windenergieanlagen von „uppenkamp und partner“, im Auftrag des Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

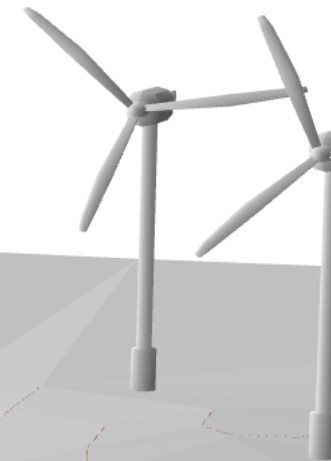
Ergebnis: Das Alternative Verfahren der DIN ISO 9613-2 unterschätzt ab einem Abstand von ca. 750 m die auftretenden Immissionen systematisch.

Erklärung: Der nach dem Alternativen Verfahren berechnete Wert A_{gr} bestimmt offensichtlich maßgeblich die zwischen Messung und Rechnung festgestellten Differenzen!

Lösungsvorschläge:

Berechnung nach dem allg. Verfahren mit $G=0$
alternativ

Berechnung nach dem alternativen Verfahren mit $A_{gr} = -3 \text{ dB}$ und $D_C = 0 \text{ dB}$



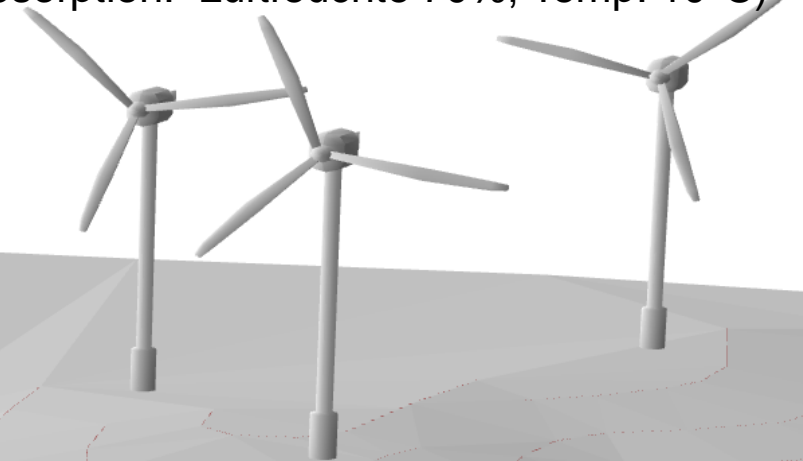
Das Interimsverfahren

Der LAI hat einen ad-hoc AK im NALS eingerichtet um die Ergebnisse und Erkenntnisse der Studie aufzugreifen.

Hieraus ist das Interimsverfahren entwickelt worden, welches in eine Überarbeitung der „Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen“ aufgenommen werden soll.

Aktueller LAI Entwurf (Stand 30.06.2016) sieht folgende Änderungen in der Ausbreitungsberechnung vor:

- Berechnung erfolgt frequenzselektiv (ggf. unter Berücksichtigung von Referenzspektrum)
- Prognose nach Interimsverfahren ($A_{gr} = -3 \text{ dB}$, $D_C = 0 \text{ dB}$, $C_{met} = 0 \text{ dB}$, Luftabsorption: Luftfeuchte 70%, Temp. 10°C)



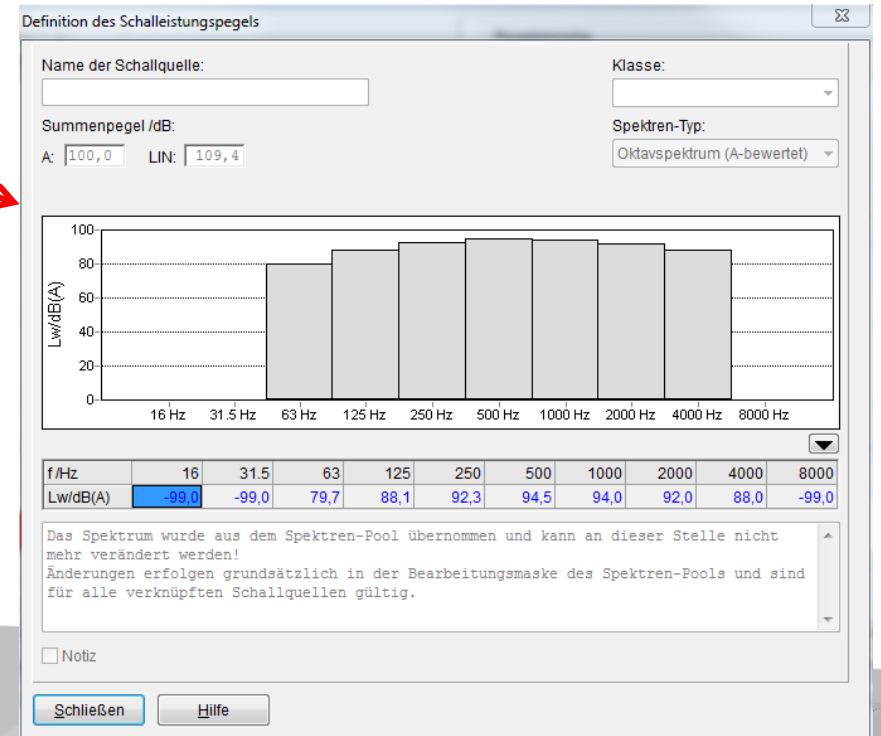
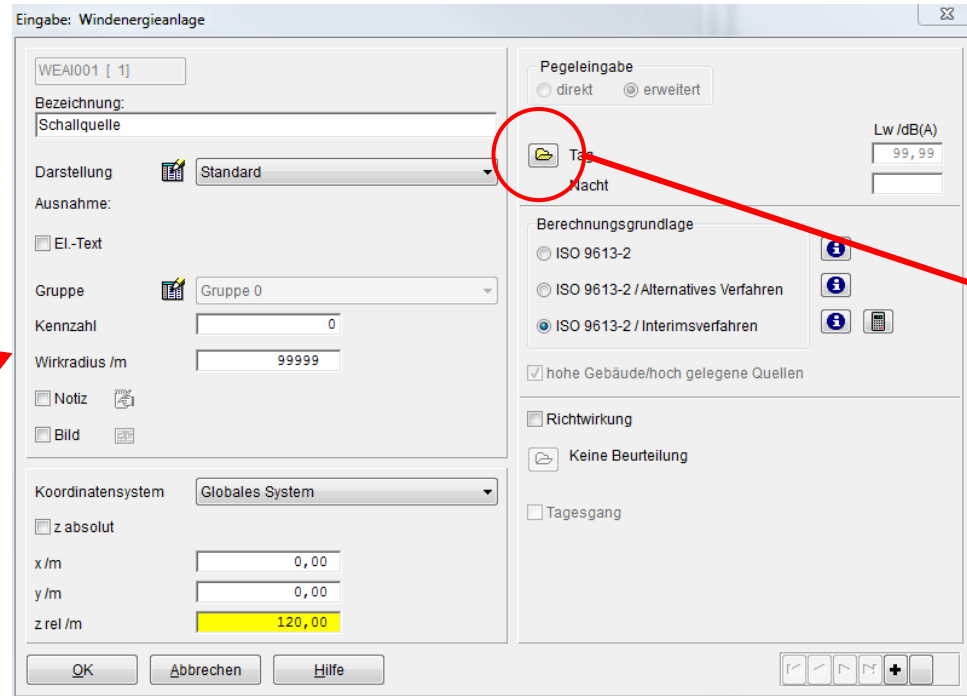
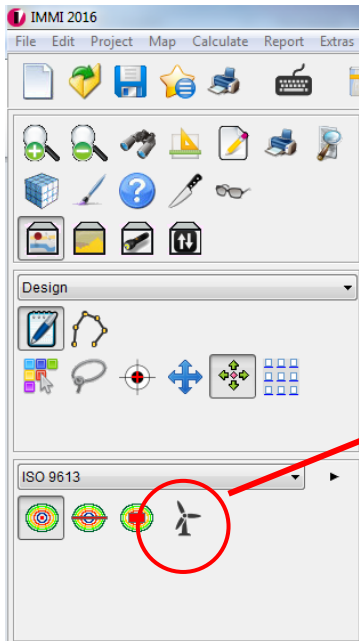
Vergleich der Berechnungsverfahren

Vorgehensweise:

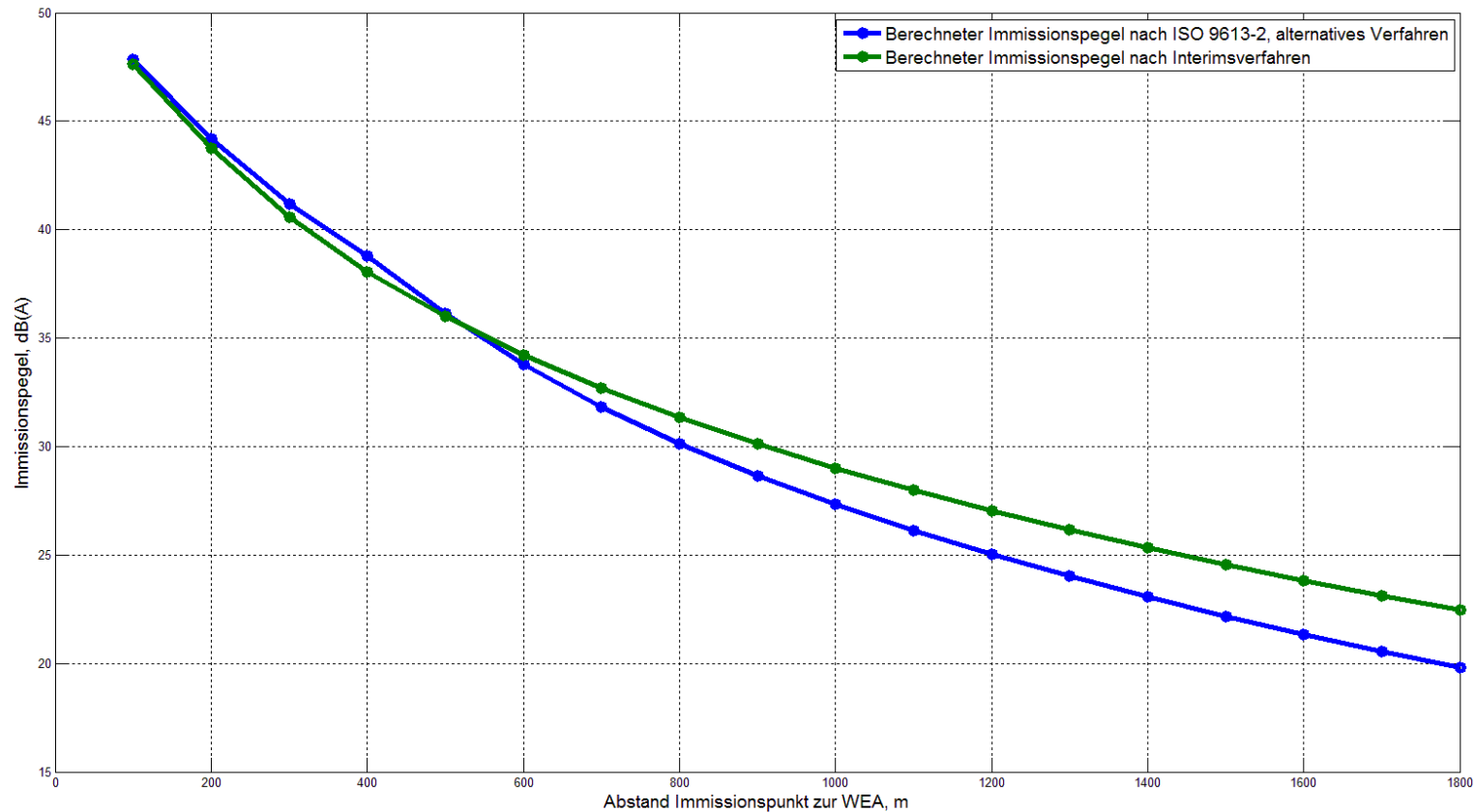
- Ansatz: Punktschallquelle auf 120 m Höhe
- Referenzspektrum WEA
- 18 IP in den Abständen 100 m bis 1800 m auf 4 m über GOK
- Berechnung Immissionspegel für die genannten 2 Berechnungsverfahren



Vergleich der Berechnungsverfahren



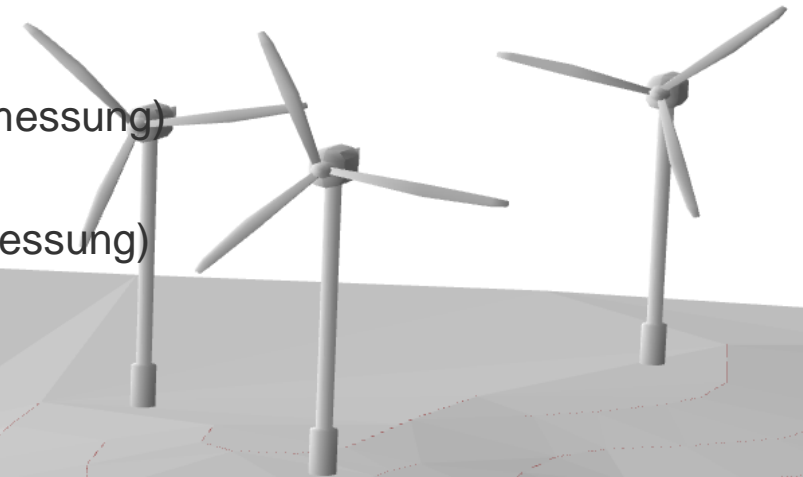
Vergleich der Berechnungsverfahren



Ungenauigkeiten der Prognosemodelle

Schwächen im Emissionsansatz:

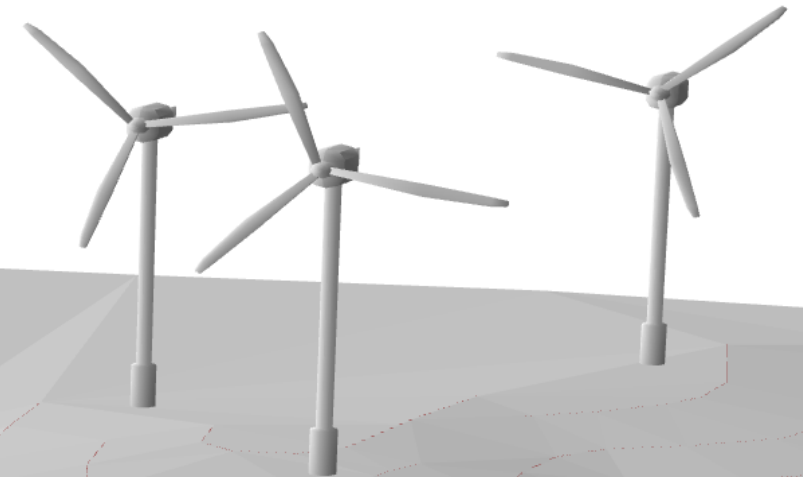
- Ansatz Punktschallquelle <-> komplexer abstrahlender Körper mit einer Abmessung von ca. 120 m im Durchmesser - falls Punktschallquelle dann Schwerpunkt im mittleren Bereich der Rotorblätter in der Abwärtsbewegung
- In der Quellbeschreibung (IEC 61400-11 Messung) wird die Luftabsorption nicht beachtet:
Bei Berechnung des Schalleistungspegels, auf Grundlage der IEC Messung, wird der Schalldruckpegel nur um den Abstand korrigiert
- Messunsicherheit zwischen 0,5 dB (3-fach Vermessung) und 1,5 dB (Einzelmessung)
- Unsicherheit durch Serienstreuung: 1,22 dB (bzw. Angaben aus 3-fach Vermessung)



Ungenauigkeiten der Prognosemodelle

Schwächen in der Ausbreitungsberechnung:

- ISO 9613-2 ist für Quellhöhen bis 30 m und Abstände bis 1000 m entwickelt worden
- Prognoseunsicherheit nach ISO 9613-2: ± 3 dB
- Bei Windparks: Es gilt immer Mitwind und maximale Schallemission für alle Anlagen



Ungenauigkeiten der Prognosemodelle

Betrachtung zur Gesamtunsicherheit der Schallimmissionsprognose

Zahlenspiel: es liegt Einzelmessung (FGW konform) vor, daraus ergibt sich eine Gesamtunsicherheit

basierend auf Windenergiehandbuch (aktuelle Vorgehensweise):

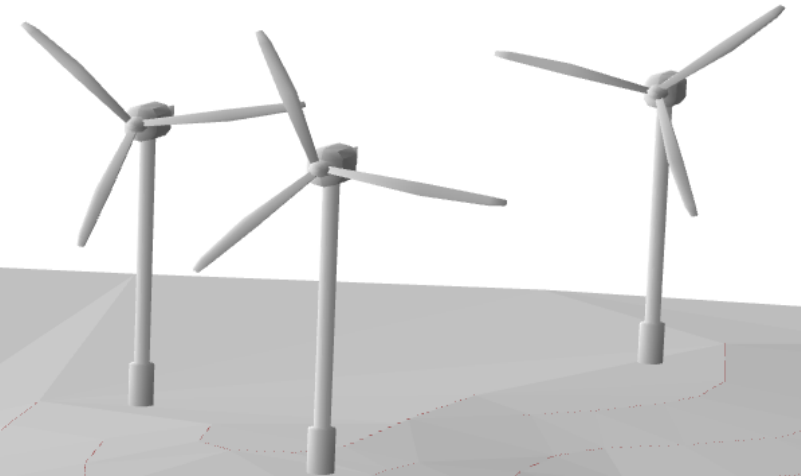
$$\sigma_{ges} = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2 + \sigma_{Prog}^2} = \sqrt{1,5^2 + 1,22^2 + 1,5^2} = 2,45 \text{ dB}$$

basierend auf LAI Hinweise im Entwurf:

$$\sigma_{ges} = \sqrt{0,5^2 + 1,2^2 + 1,0^2} = 1,64 \text{ dB}$$

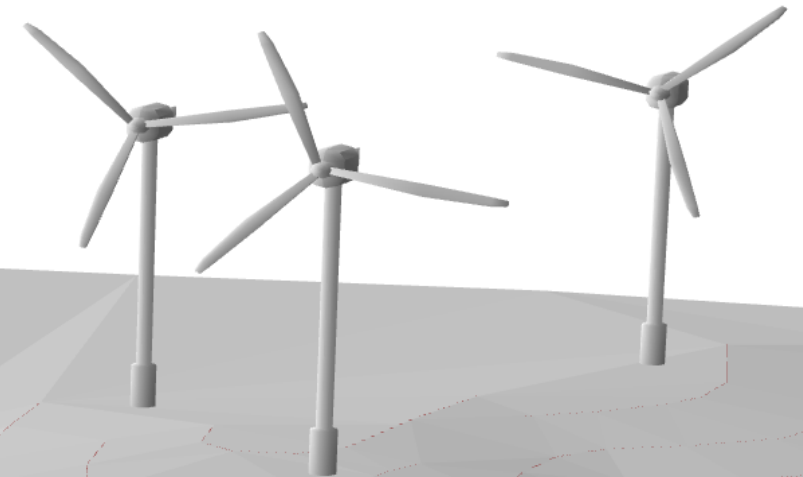
und somit die obere Vertrauensbereichsgrenze $L_O = L_m + 1,28 \sigma_{ges}$

Unsicherheit des Prognosemodells	σ_{Prog}
Ungenauigkeit der Schallemissionsvermessung	σ_R
Ungenauigkeit durch die Serienstreuung	σ_P



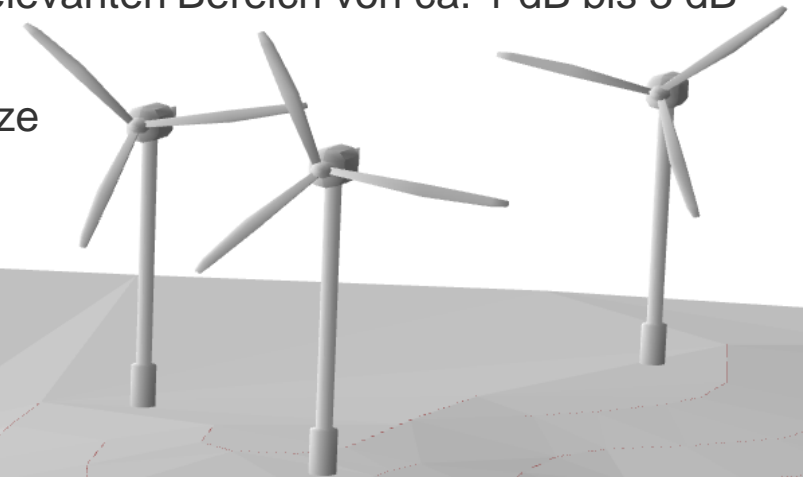
Konsequenzen bei Einführung des Interimsverfahrens

- Vergleich der Ergebnisse aus Interimsverfahren und Messung zeigt höhere Übereinstimmung im Vergleich zu bisher genutzten Verfahren.
 - > Verfahren bildet die Physik besser ab, was sehr positiv ist, insb. vor dem Hintergrund des Schutzes des Betroffenen.
- Bei Einführung des Interimsverfahrens werden sich die nutzbaren Flächen für Windenergieerzeugung deutlich reduzieren.
- Anwendung des Verfahrens auf Vorbelastung wird Gutachter, Genehmigungsbehörden und Gerichte vor Herausforderungen stellen.



Zusammenfassung

- Die ISO 9613-2 ist ungeeignet für die Schallausbreitungsberechnung von WEA.
- Derzeit erarbeitet der NALS ein umfassendes Regelwerk zur „Schallausbreitung im Freien“ für hochliegende Quellen.
- Bis dahin soll ein Interimsverfahren auf Basis der ISO 9613-2 Abhilfe schaffen. Dieses soll planmäßig in der nächsten Überarbeitung der LAI Hinweise aufgenommen werden.
- Einführung des Interimsverfahren bedingt Pegelerhöhungen im immissionsrelevanten Bereich von ca. 1 dB bis 3 dB
- Unsicherheiten werden geringer angesetzt -> obere Vertrauensbereichsgrenze reduziert sich um ca. 1 dB



Vielen Dank fürs Zuhören!

Wölfel Group
Max-Planck-Str.15
97204 Höchberg
Germany

Tel.: +49 931 49708-600
Fax: +49 931 49708-650
E-Mail: wbi@woelfel.de
www.woelfel.de



Janosch Blaul
Tel.: +49 931 49708-235
Fax: +49 931 49708-150
E-Mail: blaul@woelfel.de