



ERTRAGSSTEIGERUNGEN VON WEA

Optimierungsmöglichkeiten aus Sicht des Schallimmissionsschutzes

1. Firmenportrait
2. Genehmigung von WEA aus Sicht des Schallimmissionsschutzes
3. Schallimmissionsprognosen auf Basis des Interimsverfahren
4. Berechnungsgrundlagen nach DIN ISO 9613-2
5. Einfluss der Geländeabschirmung
6. Einfluss der Meteorologischen Korrektur
7. Fragen / Ergänzungen / Anregungen



Willkommen in der Welt der Schwingungen, der Strukturmechanik und der Akustik

In dieser Welt sind wir die Expertinnen und Experten. Sie ist unser Zuhause.

Schwingungen und Schall sind fast immer unerwünscht. Sie zu vermindern schafft Sicherheit, vermeidet Schäden und spart unnötige Kosten.

Wir unterstützen unsere Kunden mit Ingenieurdienstleistungen und Produkten zur Analyse, Prognose und Lösung schwingungs- und schallinduzierter Aufgaben.

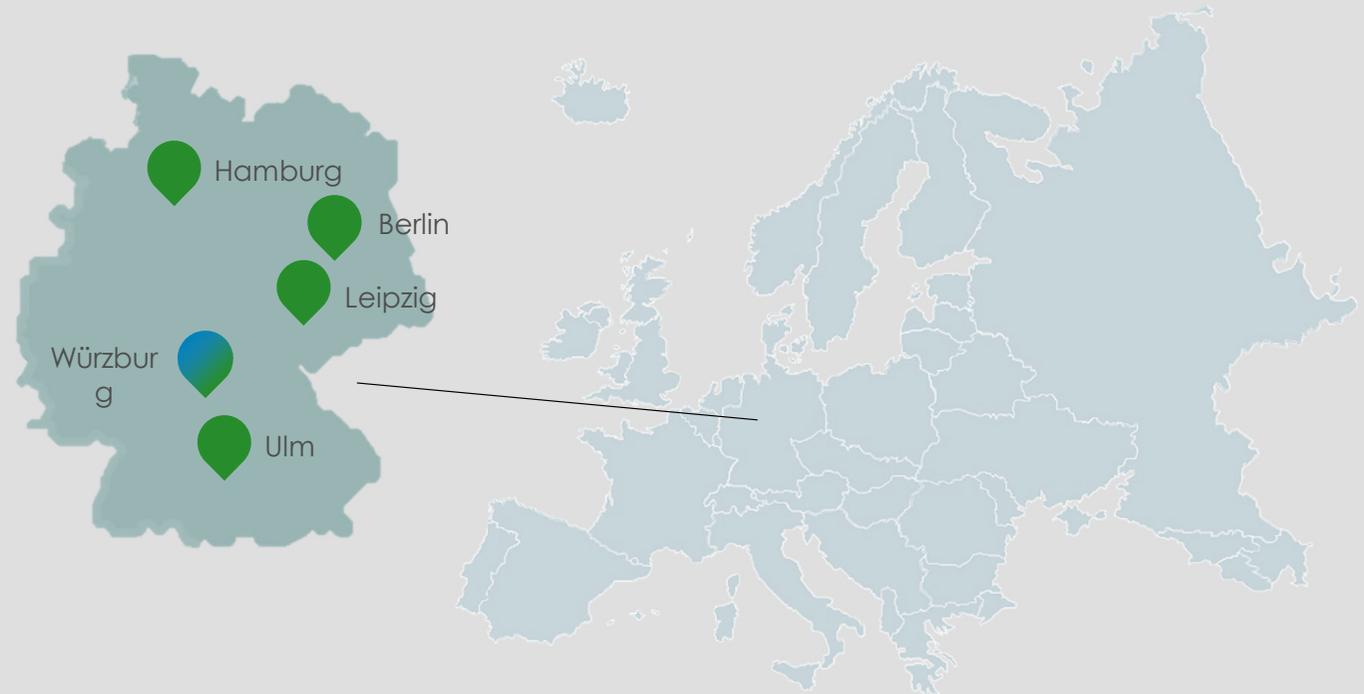
Hauptsitz **Höchberg bei Würzburg**

Niederlassung **Hamburg**

Niederlassung **Berlin**

Niederlassung **Ulm**

Niederlassung **Leipzig**



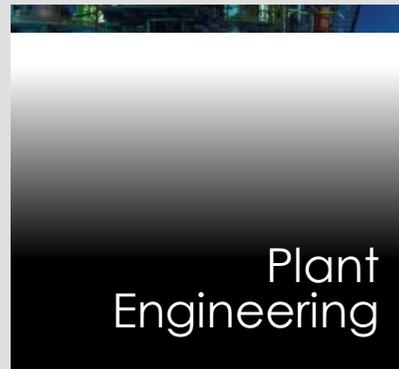
Mehr als 130 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verteilt auf 5 Standorte



TÄTIGKEITSSCHWERPUNKTE

A rectangular box with a white-to-black gradient background. The text "Wind Engineering" is centered in white. The top edge of the box features a small image of a wind turbine against a blue sky.

Wind
Engineering

A rectangular box with a white-to-black gradient background. The text "Plant Engineering" is centered in white. The top edge of the box features a small image of an industrial facility at night with lights.

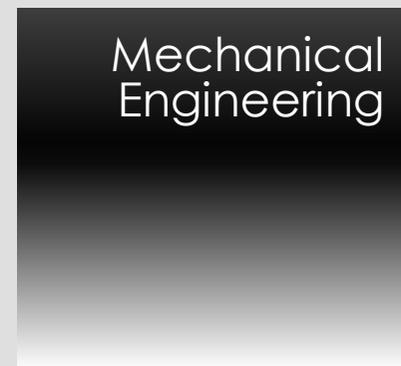
Plant
Engineering

A rectangular box with a white-to-black gradient background. The text "Environmental Engineering" is centered in white. The top edge of the box features a small image of a green landscape under a blue sky.

Environmental
Engineering

A rectangular box with a white-to-black gradient background. The text "Civil Engineering" is centered in white.

Civil
Engineering

A rectangular box with a white-to-black gradient background. The text "Mechanical Engineering" is centered in white.

Mechanical
Engineering



TÄTIGKEITSSCHWERPUNKTE



Systeme:

 SHM

SHM.Blade[®], SHM.Tower[®] und SHM.Foundation[®] – Offshore und Onshore Structural Health Monitoring

 IDD
Blade

IDD.Blade[®] – Eiserkennung mit automatischer Wiederanlaufunktion

 ADD
Sound

ADD.Sound[®] und TMD.Sound – Reduktion von Tonalitäten mit aktiven und passiven Tilgern

 TMD
Tower

TMD.Tower – Tilger zur Schwingungsreduktion am Turm

Dienstleistungen:

Schallimmissionsprognosen nach TA Lärm

Schallmessungen nach TA Lärm bzw. DIN IEC 61400-11 / FGW (Mitglied)

Schallquellenortung mittels akustischer Arraytechnologie

ABLAUF EINES GENEHMIGUNGSVERFAHRENS AUS SICHT DES SCHALLIMMISSIONSSCHUTZES

1. Schalltechnische Prüfung eines potenziellen Standortes auf Basis einer überschlägigen Schallimmissionsprognose



2. Detaillierte Schallimmissionsprognose nach TA Lärm zur Einreichung bei der Behörde

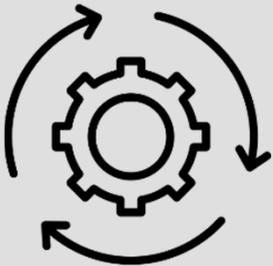


3. Schallabnahmemessung als Auflage zur Genehmigung

**2-stufiges
Verfahren**



Ziel: Sicherstellung der Einhaltung der Immissionsrichtwerte nach TA Lärm



- **Interimsverfahren** hat das alternative Verfahren zur Berechnung von Schallimmissionen an WEA **abgelöst**
→ Aufnahme in LAI Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA), 30.06.2016
- LAI Hinweise haben keinen rechtlichen Charakter, sondern stellen **Empfehlungen** dar
- Bundesländer können entscheiden, ob diese den Empfehlungen folgen
- In nahezu allen Bundesländern wurden die Empfehlungen der LAI in entsprechenden Erlassen **umgesetzt**.

WARUM WURDEN FÜR WEA EIGENE VERFAHREN ZUR SCHALLIMMISSIONSPROGNOSE ENTWICKELT?



Alternatives Verfahren und Interimsverfahren basieren auf der [DIN ISO 9613-2](#)

- Genauigkeit der Norm nur bis 30 m mittlere Ausbreitungshöhe (bodennahe Quellen)
- Ungenauigkeiten bei Schallimmissionen von WEA mit Nabenhöhen \gg 100 m
- Durch DIN/VDI Normausschuss, Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) [vorläufige](#) Anpassung der Schallausbreitung über das Interimsverfahren

$$L_{fT}(DW) = L_W + D_c - A$$

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

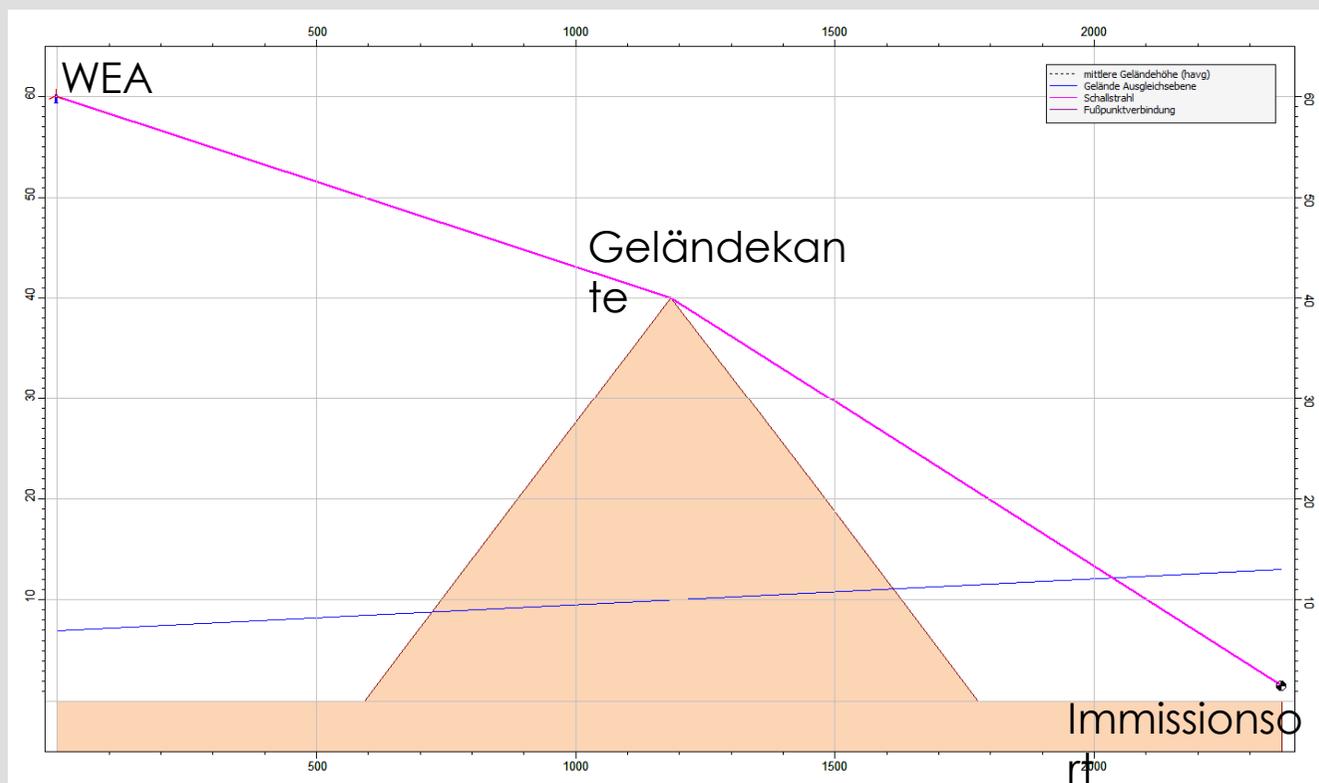
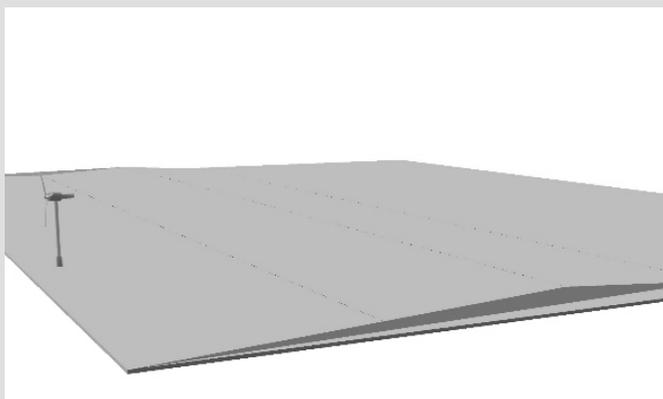
$L_{fT}(DW)$: äquivalenter (Oktavband-) Dauerschalldruckpegel (Mitwind)
 L_W : (Oktavband-) Schallleistungspegel der Quelle
 D_c : Richtwirkungskorrektur
 A : (Oktavband-) Dämpfung zwischen Quelle und Empfänger

A_{div} : Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung
 A_{atm} : Dämpfung aufgrund der Luftabsorption
 A_{gr} : Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts
 A_{bar} : Dämpfung aufgrund von Abschirmung
 A_{misc} : Dämpfung aufgrund diverser anderer Effekte

$$L_{AT}(LT) = L_{AT}(DW) - C_{met}$$

Ansatzpunkte für Optimierungen!

$L_{AT}(LT)$: Langzeitmittelungspegel, A-bewertet
 C_{met} : meteorologische Korrektur



Beispiel: Testaufgabe zum Interimsverfahren nach VDI 4101 Blatt 2, April 2020
Darstellung mit der Immissionsschutz-Software IMMI

Beispielaufgabe:

1. Schallleistung WEA $L_W=105\text{dB(A)}$
2. Nabenhöhe: 60 m
3. Oktavbandabhängige Berechnung nach Interimsverfahren

	Mit Berücksichtigung von A_{bar}	Ohne Berücksichtigung von A_{bar}
Beurteilungspegel am IO dB(A)	20,2	25,0

→ $A_{BAR} = 4,8 \text{ dB}$

Fazit:

Durch den Einsatz von qualitätsgeprüfter Prognosesoftware kann, je nach Standort, im Rahmen der Schallimmissionsprognose des Windparks ein enormes Ertragssteigerungspotenzial liegen!

Immi-Prognose



	WEA I	WEA II	WEA III
Leistung vorher	Mode 9 – 3.500 kW	Mode 9 – 3.500 kW	Mode 9 – 3.500 kW
Leistung nachher	Mode 3 – 4.200 kW	Mode 3 – 4.200 kW	Mode 0 – 4.500 kW
Jahresertrag schalleistungs-reduziert Betriebsjahr 01	11.929.078 kWh	11.831.827 kWh	11.817.409 kWh
Prognose Mehrertrag in kWh	505.141 kWh	462.496 kWh	560.350 kWh
Prognose Mehrertrag in %	4,23 %	3,91 %	4,74 %
Prognose Mehrertrag in € nach EEG	38.340,20 €	35.103,47 €	42.530,57 €
Windpark gesamt			
Mehrertrag in kWh	1.527.987 kWh		
Mehrertrag in %	4,30 %		
Mehrertrag in €	115.974,20 €		

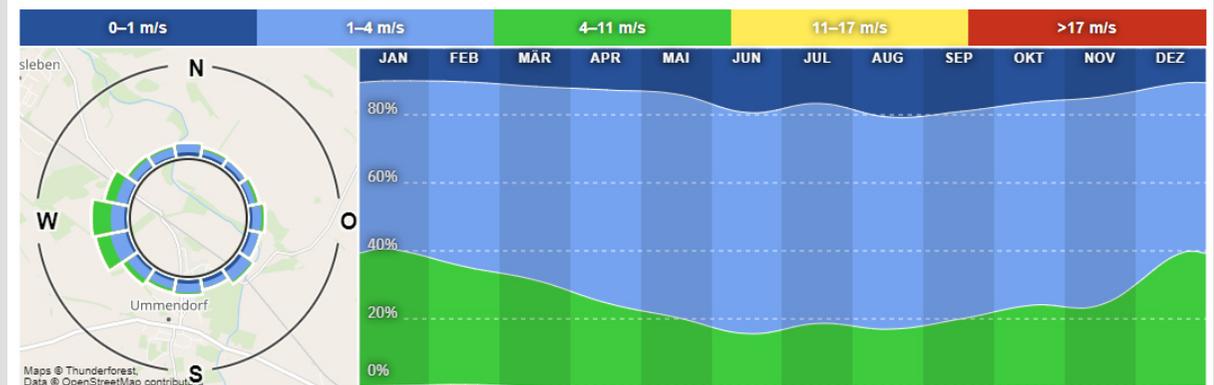
Geländeabschirmung hat auch Einfluss auf die Berechnung der Vorbelastung durch Bestands-WEA und kann bei der Berechnung der Zusatzbelastung durch den geplanten Windpark ein weiteres Ertragssteigerungspotenzial bewirken!

$$L_{AT}(LT) = L_{AT}(DW) - C_{met}$$

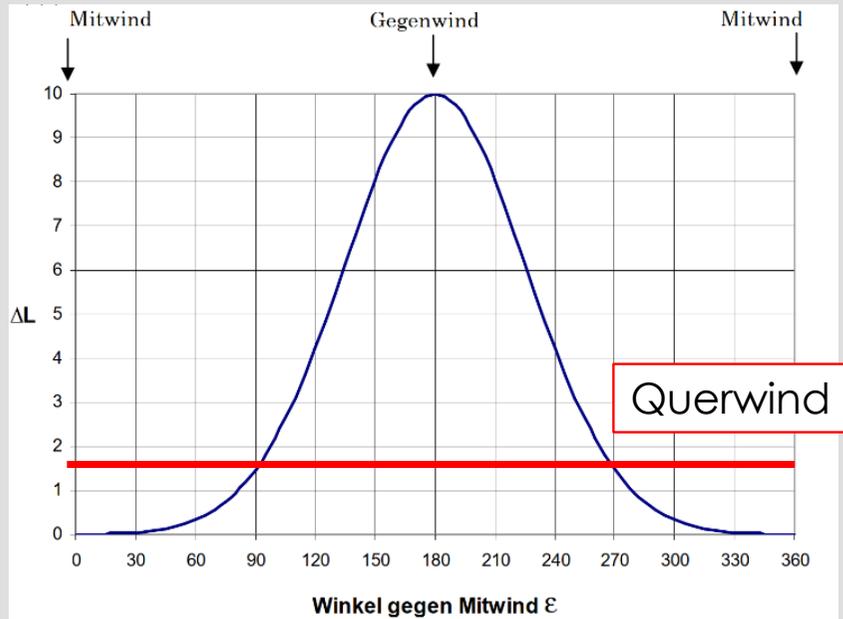
Gemäß Interimsverfahren gilt: $C_{met} = 0$ dB!

- Langzeitmittelungspegel $L_{AT}(LT) \hat{=}$ Immissionspegel, Mitwind $L_{AT}(DW)$
- Gemäß Interimsverfahren werden keine jahreszeitlichen Windrichtungsverteilungen berücksichtigt, sondern immer der worst-case Ansatz „Mitwind“ für jeden Immissionsort vorgeschrieben.

Windrichtung und Windstärke auf Monatsbasis

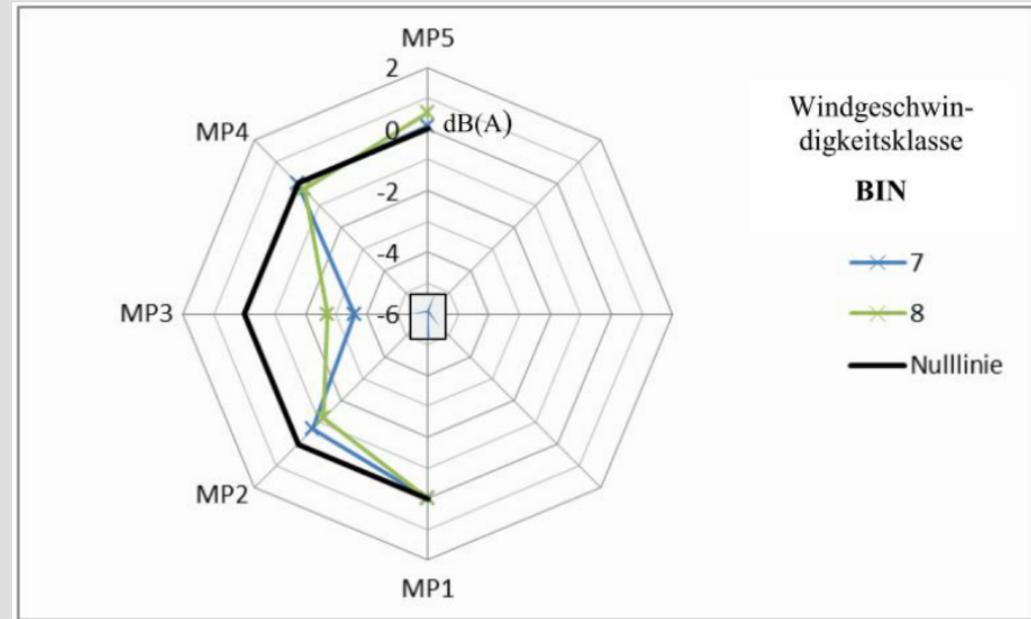


Quelle: Windfinder, <https://de.windfinder.com/windstatistics/ummendorf>



Quelle: Empfehlungen des LANUV NRW zu C_{met} , Stand 26.09.2012

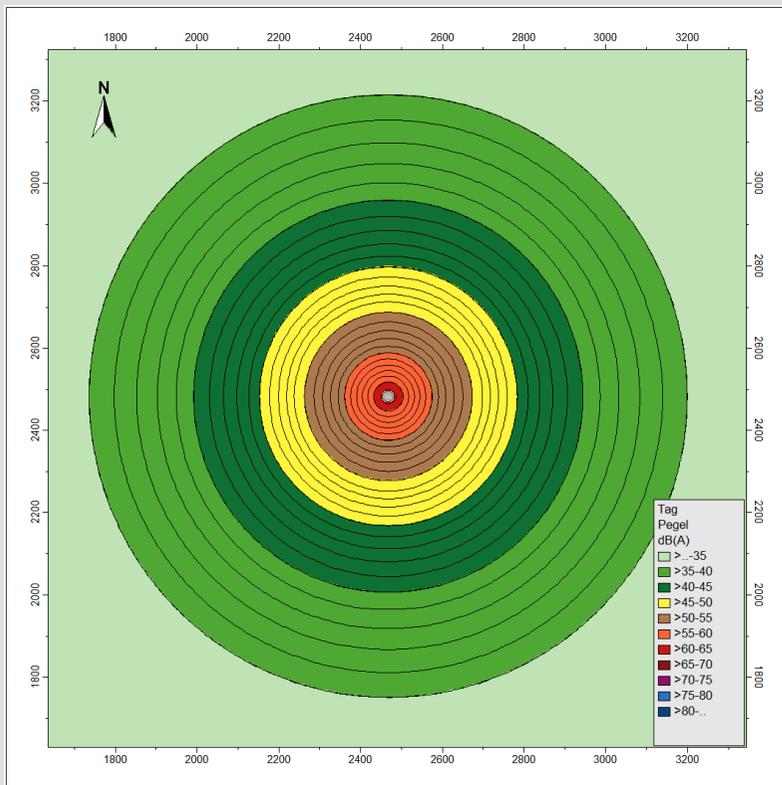
In großen Entfernungen:
 Querwind: Dämpfung von bis zu 1,5 dB
 Gegenwind: Dämpfung von bis zu 10 dB



Quelle: Schallemissionsmessung, eigene Darstellung

Im Nahfeld (ca. 150 m Abstand):
 Querwind: Dämpfung von bis zu 3 dB
 Gegenwind: im Nahfeld kein deutlicher Effekt

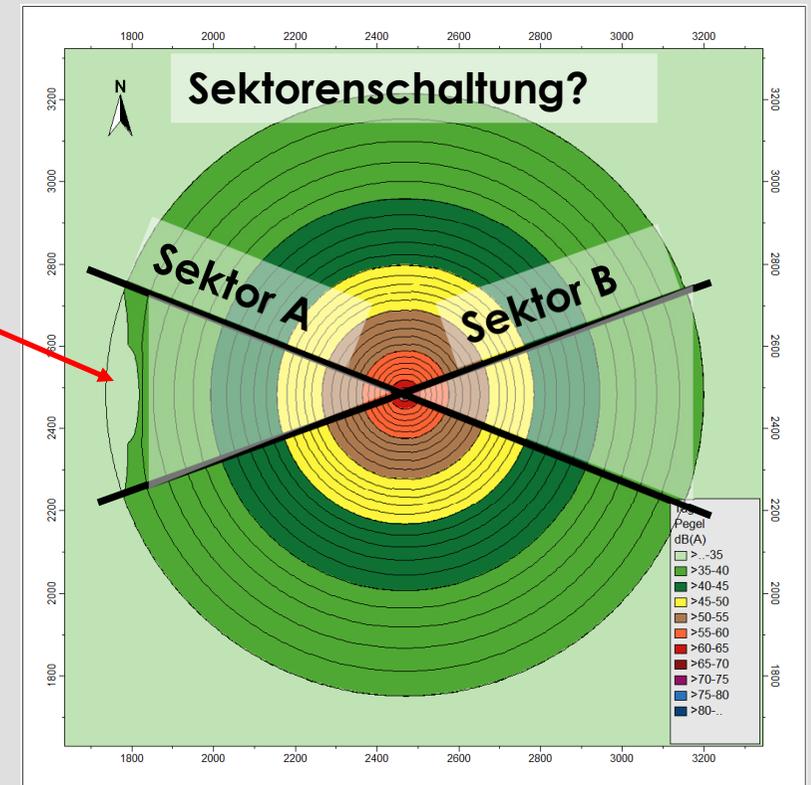
Mitwindrichtung

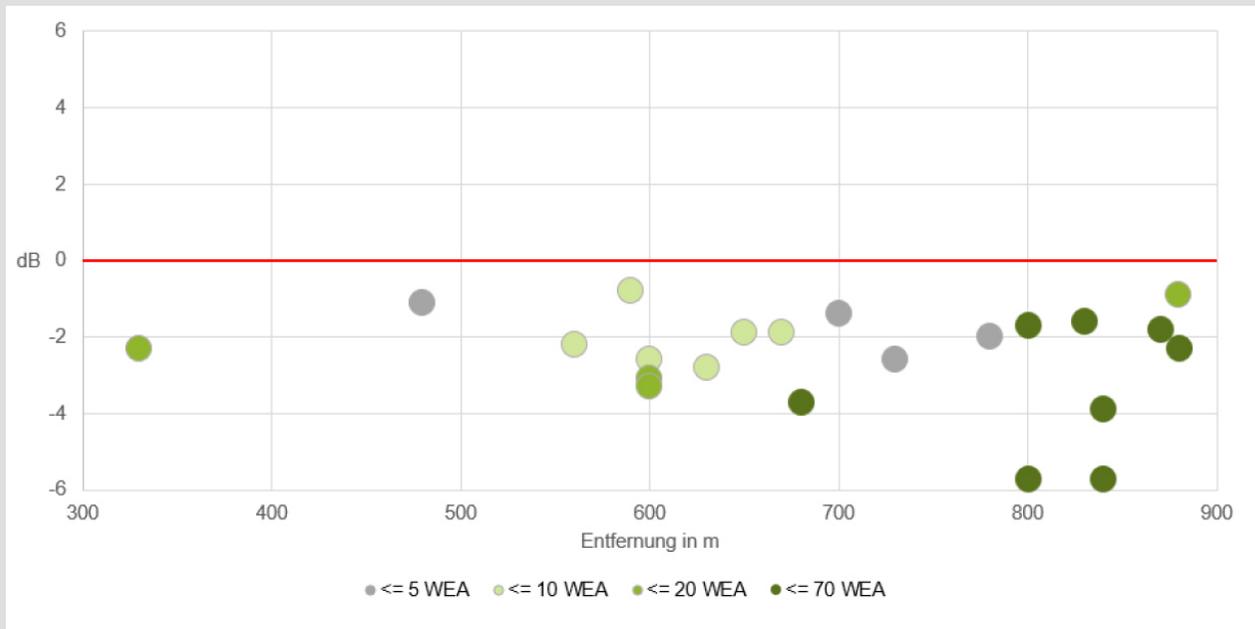


Pegelabnahme durch Gegenwind-situation um bis zu **10 dB!**



Westwind





Quelle: Sebastian Schmitter, deBAKOM / Dipl.-Ing. Achim Fischer, Dezibel Engineering GmbH

→ Beurteilungspegel aus Langzeitmessungen an Windparks im Mittel um 2 bis 3 dB niedriger als aus Prognose durch Interimsverfahren

WEA als ungerichtete Quelle ?

1. Berücksichtigung der Abschirmung durch Gelände

Einsatz von qualitätsgeprüfter Prognosesoftware für Schallimmissionsprognosen von Windparks bei Neu-Genehmigungen.

→ bei schallreduziertem Betrieb von Windparks bzw. einzelnen WEA im Nachtzeitraum kann sich insbesondere im komplexen Gelände auch die Prüfung von bestehenden Genehmigungen lohnen.

2. Berücksichtigung der meteorologischen Korrektur

Aktuell im Interimsverfahren (noch) nicht vorgesehen → VDI 4101 im Entwurfsstadium

→ Die Bestimmung der Vorbelastung durch Windparks kann vor Erteilung der Genehmigung durch Langzeitmessungen erfolgen.



VIELEN DANK FÜR IHR INTERESSE



Daniel Bötsch
Tel.: +49 931 49708-335
E-Mail:
boetsch@woelfel.de



Wölfel-Gruppe
Max-Planck-Str.15
97204 Höchberg



E-Mail: info@woelfel.de



www.woelfel.de



Tel.: +49 931 49708-600
Fax: +49 931 49708-650