

Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von Windenergieanlagen (WEA) auf Planung und Ertrag eines Windparks

32. Windenergietage 2024

Axel Sachse

Dienstag, 5. November 2024



DNV Renewables Measurements – Axel Sachse

Bei ehemals WINDTEST und jetzt DNV seit 20 Jahren:

- Dipl.-Ing. (FH) Elektrotechnik und Informatik
- Projektingenieur für Leistungskurven- und Belastungsmessungen (~5 Jahre)
- Projektingenieur für Schallemissions- und –immissionsmessungen sowie Vertriebsingenieur (~15 Jahre)
- Messen, Kongresse, Lehraufträge (FH Kiel, FH Flensburg WETI), Vorträge
- Ziel: Junge Menschen für die Erneuerbaren begeistern und gewinnen



Axel Sachse, Dipl.- Ing. (FH)

Principal Engineer & Sales Manager
Renewables Measurements, Germany

DNV Energy Systems Germany GmbH

E-mail axel.sachse@dnv.com

+49 (0) 4856 901 38



Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

oder: Zeit ist Geld...

Agenda

- Genehmigungsprozess eines Windparks
- Projektentwicklung und Genehmigungsverfahren
- Schallimmissionsgutachten
- FGW TR 1 Rev. 18 vs. Rev. 19
- Genehmigung nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG-Genehmigung)
- Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der schalltechnischen Nachvermessung
- Zusammenfassung

Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

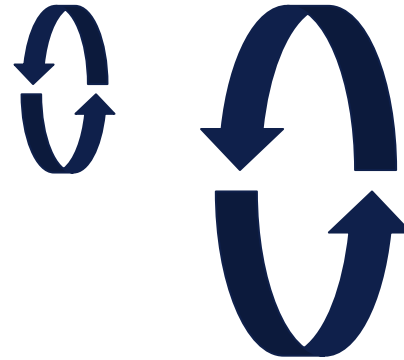
Genehmigungsprozess eines Windparks

1. **Regionalplanung**
2. **Kommunale Zielklärung**
3. **Flächensicherung**
4. **Interessenbekundungsverfahren**
5. **Projektentwicklung und Genehmigungsverfahren:** Beginn des eigentlichen Genehmigungsverfahrens. Es umfasst u.a. das Einleiten des Verfahrens, das Erstellen der erforderlichen Gutachten, die Klärung der Eigentumsverhältnisse, die Finanzplanung und die Auswahl des geeigneten Anlagentyps.
6. **EEG-Ausschreibung und Stromvermarktung**
7. **Finanzierung und finanzielle Teilhabe**
8. **Bau des Windparks:** Nach Erteilung aller Genehmigungen Baubeginn der WEA.
9. **Schalltechnische Nachvermessung** zum Nachweis der Einhaltung schallimmissionsschutzrechtlicher Auflagen

Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

Projektentwicklung und Genehmigungsverfahren

- Umweltverträglichkeitsprüfung
- Windgutachten
- (Vor-) Auswahl des WEA-Typs
- **Schallimmissions-** und Schattenwurfgutachten
 - Berechnung der möglichen Variationen
 - Festlegung auf WEA-Typ/ Windparklayout
 - Ertragsgutachten
 - ...
- BImSchG-Genehmigung mit schallimmissionsschutzrechtlichen Auflagen
- Schallemissionsmessung zum Nachweis der Einhaltung der BImSchG-Genehmigungsaufgaben



Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

Projektentwicklung und Genehmigungsverfahren

• **Schallimmissionsgutachten**

• **Optimale genehmigungsfähige Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Flächen**

- Schallleistungspegel im offenen Betrieb als Basis für den Tagbetrieb
- Potenzielle schallreduzierte Betriebsarten für den Nachtbetrieb

• **„Früher“:**

- Planung/ Berechnung mit Summenschallleistungspegel im vereinfachten Verfahren
- Leistungs-/Schallreduzierte Betriebsarten in „rudimentären“ Schritten (1 dB oder 500kW nicht unüblich)
- Reduktion/ Kappung der „Nennleistung“ in der reduzierten Betriebsart
- Evtl. unterschiedliche Nabenhöhen

• **Aktuell:**

- Planung/ Berechnung mit Oktavschallleistungspegel im Interimsverfahren
- Leistungs-/Schallreduzierte Betriebsarten in 0,1 dB Schritten bzw. „projektspezifisch“ bis hin zu sehr leisen Betriebsarten
- Unterschiedliche Nabenhöhen
- Nennleistung der reduzierten Betriebsart bleibt teilweise nahezu identisch zur „offenen“ Betriebsart

Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

BImSchG- Genehmigung

• **Schallimmissionsschutzrechtliche Auflagen in der BImSchG-Genehmigung:**

- Nachweis der Einhaltung/Überschreitung der genehmigten maximalen Oktavschallleistungspegel aus der Schallimmissionsprognose
- Jeder Oktavschallleistungspegel ist bei jeder Windgeschwindigkeit ist zu prüfen.
- Bei Überschreitung(en) erneute Ausbreitungsrechnung zur Prüfung der Immissionsrelevanz
- Nachweis des akustischen Verhaltens bei EisMan-Abschaltung
- **Erheblich reduzierte Betriebsarten bis zur Nachweiserbringung**
- **Teilweise nächtliches Betriebsverbot bis zur Nachweiserbringung**

=> Zeitnahe Durchführung der Messung

Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

Änderung der Anforderungen für die schalltechnische Vermessung von WEA gemäß FGW TR 1 Rev. 18 zu Rev. 19

• **FGW TR 1 Rev. 18 (alt)**

- Messmast vor der WEA
- Messung der WEA-Daten durch Institut
- **Windgeschwindigkeitsbereich einheitlich für alle WEA festgelegt auf 6 – 10 m/s auf 10m Höhe**
- BIN 1 m/s, bezogen auf die normierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe
- Mittelwerte von 1 Minute (10 Sek. als Ausnahme möglich)
- LAeq (äquivalenter A-bewerteter Dauerschalldruckpegel)
- Regressionsanalyse
- Tonanalyse: 12 Spektren á 10 Sekunden = **2 Minuten je Windgeschwindigkeits-BIN (1 m/s)**

Aufgrund von „windgeschwindigkeitsbereichsoptimierten Steuer-/Leistungskurven“ Forderung nach Erfassung des Schallleistungspegels bei Nennleistung

Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

Änderung der Anforderungen für die schalltechnische Vermessung von WEA gemäß FGW TR 1 Rev. 18 zu Rev. 19

• FGW TR 1 Rev. 19 (aktuell)

- Messmast neben der WEA
- Auskopplung der WEA-Daten möglich, zusätzliche WEA-Signale (WS auf Nabenhöhe)
- Windgeschwindigkeitsbereich leistungskurvenabhängig **0,8 bis 1,3 x WS_{NH} bei 85% P_{max}**
- BIN 0,5 m/s, bezogen auf die normierte Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe
- Mittelwerte von 10 Sekunden
- LAeq und auf Basis der Terz
- Auswertung je BIN
- **Die gesamte Messzeit**, welche zur Bestimmung der Schalleistung herangezogen wurde, fließt in die Tonanalyse ein (um auszuschließen, dass evtl. temporäre Auffälligkeiten nicht erkannt werden)

Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

Vorbereitung der Schalltechnischen Nachvermessung



Gesamtgeräusch



Hintergrundgeräusch



Anlagengeräusch

$\text{Störabstand (Gesamtgeräusch} - \text{Hintergrundgeräusch)} > 6\text{dB}$
 $3\text{ dB} < \text{Störabstand} < 6\text{ dB}$ pauschale Korrektur

Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

Vorbereitung der Schalltechnischen Nachvermessung

Parameter	1994	2024
WEA-Typ	V27	V162
Leistung	225kW	>5000 kW
Nabenhöhe	31m	119m
Durchmesser	27m	162m
Messentfernung R_0	44,5m (R1 = 52m)	200m (R1 = 232m)
Schalleistungspegel $L_{WA,k}$	99,6 dB(A)	~100 dB(A)
Gesamtgeräusch	56,6 dB(A)	48,9 dB(A)
Hintergrundgeräusch	44,4 dB(A)	43,7 dB(A)
Anlagengeräusch	56,4 dB(A)	47,7 dB(A)

Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

Vorbereitung der Schalltechnischen Nachvermessung

Windgeschwindigkeitsbereich leistungskurvenabhängig $0,8$ bis $1,3 \times WS_{NH}$ bei $85\% P_{max}$

$$P_{red} = 4MW$$

$$4000 \text{ kW} * 0,85\% = 3400 \text{ kW}$$

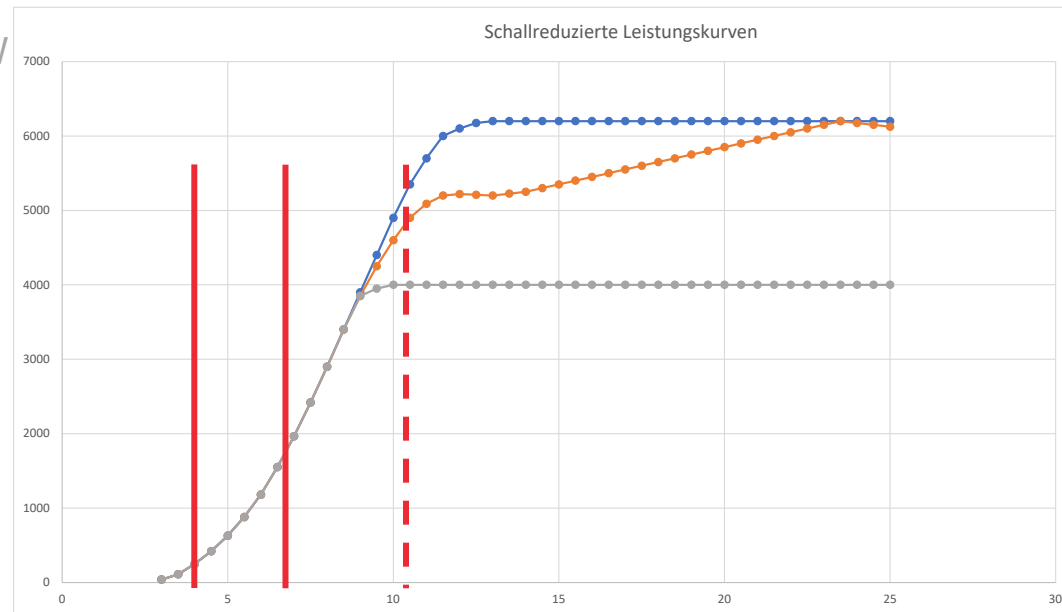
$$8,5 \text{ m/s} * 0,8 = 6,8 \text{ m/s}$$

$$8,5 \text{ m/s} * 1,3 = 11,1 \text{ m/s}$$

Nabenhöhe: 140 m

→ ~ 4,7 to 7,4 m/s auf 10m

in der Vorhersage



v[m/s]	P [kW]
6,5	1550
7	1965
7,5	2420
8	2900
8,5	3400
9	3850
9,5	3950
10	4000
10,5	4000
11	4000
11,5	4000
12	4000
12,5	4000
13	4000
13,5	4000
14	4000
14,5	4000
15	4000
15,5	4000
16	4000
16,5	4000
17	4000
17,5	4000
18	4000
18,5	4000
19	4000
19,5	4000
20	4000

Zusätzliche Anforderung zur Vollständigkeit:

Erreichen der Nennleistung und –drehzahl (hier: ca. 10 m/s)

Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

Vorbereitung der Schalltechnischen Nachvermessung

Windgeschwindigkeitsbereich leistungskurvenabhängig 0,8 bis 1,3 x WS_{NH} bei 85% P_{max}

$$P_{red} = P_{Nenn} = 6,2MW$$

$$6200 \text{ kW} * 0,85\% = 5270 \text{ kW}$$

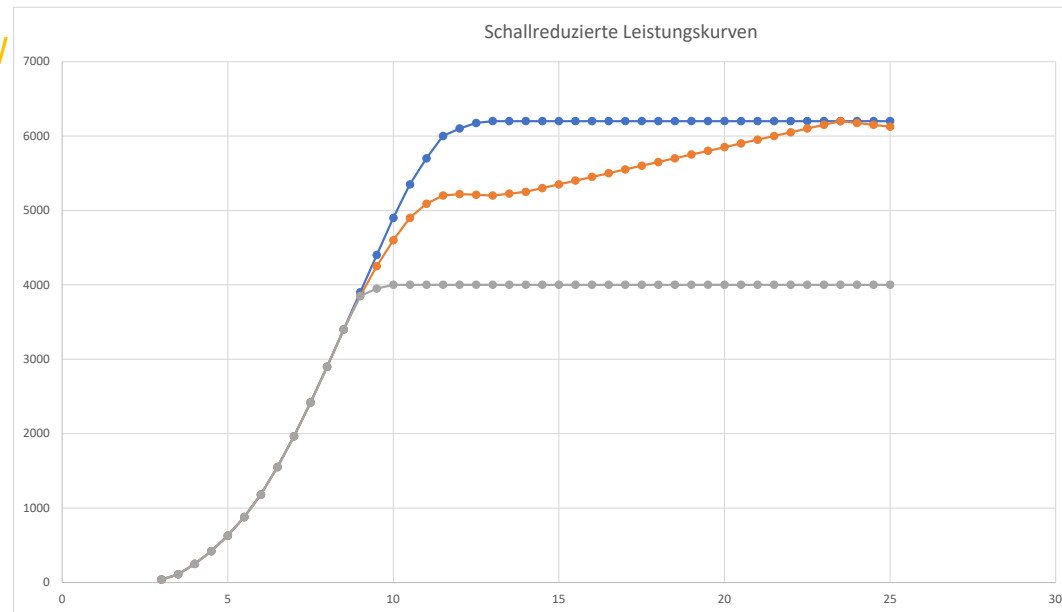
$$14,25 \text{ m/s} * 0,8 = 11,4 \text{ m/s}$$

$$14,25 \text{ m/s} * 1,3 = 18,5 \text{ m/s}$$

Nabenhöhe: 140 m

→ ~ 7,7 to 12,4 m/s auf 10m

in der Vorhersage



v[m/s]	P [kW]
7	1965
7,5	2420
8	2900
8,5	3400
9	3850
9,5	4250
10	4600
10,5	4900
11	5090
11,5	5200
12	5220
12,5	5210
13	5200
13,5	5225
14	5250
14,5	5300
15	5350
15,5	5400
16	5450
16,5	5500
17	5550
17,5	5600
18	5650
18,5	5700
19	5750
19,5	5800
20	5850
20,5	5900
21	5950
21,5	6000
22	6050
22,5	6100
23	6150
23,5	6200
24	6175
24,5	6150
25	6125

Zusätzliche Anforderung zur Vollständigkeit :

Erreichen der Nennleistung und –drehzahl (hier: ca. 23,5 m/s NH, 15,7 m/s 10 m)

Eine Messung kann auch für den Nennleistungsbereich als vollständig angesehen werden, wenn mindestens 18 Wertepaare oberhalb 95 % der Nennleistung vorhanden sind, der Anstieg des Pegels zwischen den beiden höchsten vermessenen BINs nicht größer als 0,2 dB/ms-1 ist und die in der Herstellerbescheinigung ausgewiesene maximale Drehzahl erstmalig erreicht wird.

Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

Vorbereitung der Schalltechnischen Nachvermessung

- Bedingt durch aber auch trotz der teilweise sehr niedrigen Schalleistungspegel
 - Hohe Windgeschwindigkeiten ohne Niederschlag aus möglichst konstanter Richtung notwendig
 - Diese führen gleichzeitig zur Anhebung des Hintergrundgeräusches durch Vegetation
 - Kein ausreichender Störabstand trotz Abschaltung von benachbarten WEA
- Sehr große Distanzen bei den Messpositionen, speziell Mikrofon (Straßen, Bäume)
 - Einschränkungen im Messsektor

⇒ Deutlich geringere Anzahl von potenziellen Messtagen

⇒ Verzögerungen, nicht eingeplante Ausfallkosten im Projekt

Planung/Koordination:

- *Festlegung des Messtermins maximal 24h vorher, meist Anreisedauer + Aufrüstzeit*

- *An Messung zu Beteiligende: Genehmigende Behörde, Betreiber und Betriebsführer der zu vermessenden und aller WEA in ca. 1km Umkreis, Landeigner, Netzbetreiber, Herstellersupport, Direktvermarkter...*

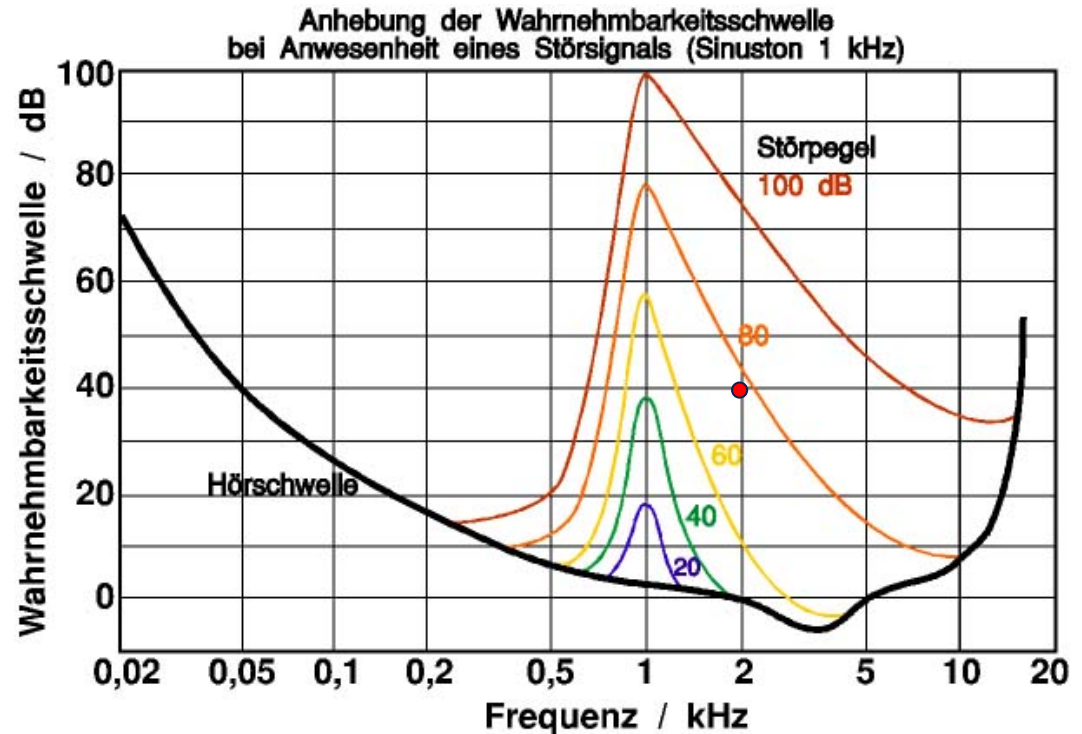
Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

Durchführung der Schalltechnischen Nachvermessung

Auftreten von Tonhaltigkeiten

Beispiel:

Ein Sinuston mit einer Frequenz von 1 kHz und einem Pegel von 80 dB verdeckt ein Geräusch mit 2 kHz und einem Pegel von 40 dB (Maskierung)



Wenn KTN = 2:

Durchführung messtechnischer Auffälligkeitsprüfungen im Fernfeld.

Quelle: wikipedia.org

Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

Auswertung der Schalltechnischen Nachvermessung

- Auswertung der Oktavschalldruckpegel
- Prüfen auf Überschreitungen einzelner Oktavschalldruckpegel
- Prüfen der Spektren auf $\Delta L_{a,j,k} > 6$ dB ohne $KTN > 1$
- Bei Überschreitungen neue Ausbreitungsrechnung
- Bei $KTN = 2$: Prüfung der Immissionsrelevanz durch Auswertung der Auffälligkeitsprüfung (sofern vorhanden, sonst AP durchführen)
- Berichtserstellung

Wachsender Einfluss des akustischen Verhaltens von WEA

Zusammenfassung

Die akustischen Eigenschaften von WEA haben sowohl sehr früh als auch bis zum Ende Einfluss in den Planungsprozess, denn:

- Von den WEA ausgehender Lärm ist mitbestimmend für die festgelegte Abstandsregelung bei der Regionalplanung
- Sie bestimmen den WEA-Typ
- Sie bestimmen den Standort in/ die Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Fläche
- Den Ertrag (speziell in den Nachtstunden)

Die schalltechnische Nachmessung als abschließender Nachweis der Einhaltung der Auflagen aus der BImSchG-Genehmigung ist wichtig im Sinne des Schutzes der Anwohner und der notwendigen Akzeptanz auf dem Weg zur Etablierung der Erneuerbaren Energien.

Durch die geänderten Anforderungen ist sowohl die Planung, Durchführung als auch die Auswertung und Ergebnisdarstellung von Schallemissionsmessungen deutlich aufwändiger und umfangreicher geworden und führt mit den so entstehenden Verzögerungen durch die erweiterten Betriebsauflagen (Stillstand, weitere Leistungsreduktion) zu Ertragsausfällen, die bisher nicht in den Projekten eingeplant bzw. berücksichtigt wurden.

Vielen Dank für Ihr Interesse!

Axel Sachse, Dipl.-Ing. (FH)
+49 4856 901-38
axel.sachse@dnv.com

