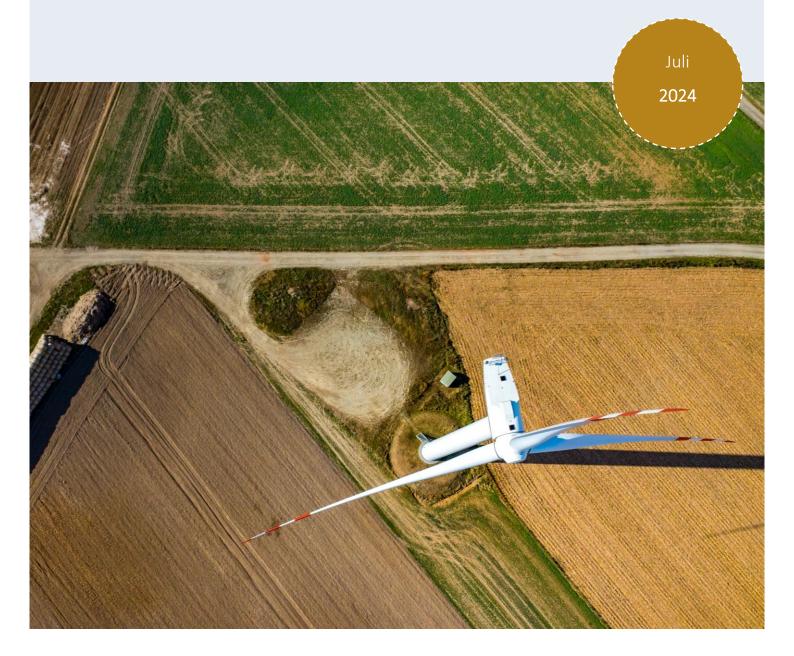


Ringversuch Schall/Schatten des BWE-Windgutachterbeirates

Ermittlung von Schallpegeln und der Schattenwurfdauer durch Windenergieanlagen am Standort Sprengel (Neuenkirchen) in Niedersachsen





Inhaltsverzeichnis

1	Ergebnisse	3
2	Liste der teilnehmenden Unternehmen	4
3	Aufgabenstellung und Ergebnisabfrage	5
3.1	Ausgangssituation	5
3.2	Aufgabenstellung	5
3.3	Methode der Datenauswertung	6
4	Ergebnisse im Detail	9
4.1	Auswertung Schall	9
4.1.1	Verwendete Software	9
4.1.2	Summenschallpegel und Oktavspektrum	9
4.1.3	Auswertung der Beurteilungspegel an den Immissionsorten	11
4.1.3.1	Vorbelastung WEA und Gewerbe	11
4.1.3.2	Zusatzbelastung	13
4.1.3.3	Gesamtbelastung	14
4.1.4	Unsicherheitsbetrachtung	18
4.1.5	Fazit Ergebnisse Schallberechnungen	18
4.2	Auswertung Schatten	19
4.2.1	Verwendete Software	19
4.2.2	Beschattungsbereiche	19
4.2.3	Auswertung der berechneten Schattenwurfdauer je IO	20
4.2.3.1	Kumulierte jährliche Schattenwurfdauer	20
4.2.3.2	Maximale tägliche Schattenwurfdauer	23
4.2.4	Fazit der Ergebnisse der Schattenwurfberechnungen	24



1 Ergebnisse

Der Windgutachterbeirat des BWE e.V. führt seit 2005 Ringvergleiche im Bereich der Wind- und Ertragsprognosen durch. Die durch den BWE-Windgutachterbeirat initiierten Ringvergleiche zielen darauf ab, Erkenntnisse zu Aspekten zu gewinnen, die die Qualität von Windprognosen maßgeblich beeinflussen. Auf Anregung mehrerer Mitglieder und Fachmitglieder des Windgutachterbeirates wurden die Ringversuche im Jahr 2023 um weitere Bereiche der gutachterlichen Tätigkeiten in der Windenergiebranche erweitert. Dazu zählen auch die Prüfungen der Schallimmissionen und des Schattenwurfs von Windenergieanlagen (WEA).

Der Ringversuch Schall / Schatten zeigt die Homogenität der Ergebnisse bei den Berechnungen der Schallimmissionen und Beschattungen. Er bietet den teilnehmenden Unternehmen die Möglichkeit, ihre eigenen Prüfverfahren zur Schall- und Schattenwurfberechnung zu überprüfen und zu optimieren.

Dieser Kurzbericht fasst die Aufgabenstellung, Durchführung und Ergebnisse des ersten Ringversuches zum Thema Schall / Schatten zusammen. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse wird in einem umfassenden Bericht den Teilnehmern des Ringvergleiches zur Verfügung gestellt.

Aus Gründen der einfachen Lesbarkeit wird im folgenden Verlauf auf die geschlechtsneutrale Differenzierung verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter.

Ergebnisse auf einen Blick:

Die durchgeführten Ringversuche zur Schall- und Schattenwurfberechnung haben insgesamt gezeigt, dass die Ergebnisse der Teilnehmer weitgehend konsistent und in Übereinstimmung mit den erwarteten Werten sind. Bei den Schallberechnungen waren die Abweichungen überwiegend gering, wobei nur ein kleiner Anteil der Teilnehmer signifikante Abweichungen aufwies. Dies unterstreicht die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der angewandten Verfahren nach DIN ISO 9613-2, trotz der festgestellten Unsicherheiten und der unterschiedlichen Softwareimplementierungen.

Die größere Variation bei den Ergebnissen der Schallvorbelastung durch die Biogasanlage im Vergleich zu den Beurteilungspegeln der Windenergieanlagen deutet auf spezifische Herausforderungen bei der Anwendung des alternativen Verfahrens hin. Faktoren wie der Einfluss des Höhenmodells, die korrekte Anwendung der Verfahren und die Berücksichtigung unterschiedlicher meteorologischer Bedingungen spielen hier eine Rolle und sollten weiter untersucht werden, um die Genauigkeit zu verbessern.

Auch bei den Schattenwurfberechnungen zeigten sich insgesamt nur geringe Abweichungen zu den Erwartungswerten. Die hohen Standardabweichungen bei den kumulierten jährlichen Schattenwurfdauern relativieren sich im Verhältnis zur Gesamtbeschattungsdauer am jeweiligen Immissionsort. Dies weist darauf hin, dass die Berechnungen im Wesentlichen präzise sind, obwohl Unterschiede in der Modellierung und der Wahl der Parameter, wie der Höhe über Grund und dem Modus des Rezeptors, berücksichtigt werden müssen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Ergebnisse der Ringversuche eine hohe Homogenität und Übereinstimmung mit den erwarteten Werten aufweisen. Die identifizierten Variationsursachen bieten wertvolle Ansatzpunkte zur weiteren Verbesserung und Standardisierung der Berechnungsverfahren, um auch in Zukunft verlässliche und präzise Ergebnisse zu gewährleisten.



2 Liste der teilnehmenden Unternehmen

Insgesamt haben sich 38 Unternehmen für den Ringversuch Schall / Schatten angemeldet. Folgende Firmen nahmen an den Ringversuchen zur Schallimmissions- und Schattenwurfberechnung teil:

- ABO Wind AG
- AL-PRO GmbH & Co. KG
- anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH
- Deutsche WindGuard Consulting GmbH
- DNV Energy Systems Germany
- EnBW Energie Baden-Württemberg AG
- enosite GmbH
- Evergy Engineering GmbH
- EWS Consulting GmbH
- Fichtner GmbH & Co. KG
- GP JOULE Projects GmbH & Co. KG
- I17-Wind GmbH und Co. KG
- IBAS Ingenieurgesellschaft mbH
- IEL GmbH
- Ingenieurbüro für Akustik Busch GmbH
- Ingenieurbüro Kuntzsch GmbH
- JH Wind GmbH
- KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG
- Moeller Operating Engineering GmbH
- Müller-BBM Industry Solutions GmbH

- Pavana GmbH
- planGIS GmbH
- Ramboll Deutschland GmbH
- reko Windenergie-Analysen GmbH & Co. KG
- renerco plan consult GmbH
- Sowitec
- T&H Ingenieure GmbH
- Tractebel Engineering GmbH
- TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
- TÜV Süd Industrie Service GmbH
- UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG
- UMaAG Umwelt Management AG
- Wind-Consult GmbH
- WIND-projekt Ingenieur- und Projektentwicklungsgesellschaft mbH
- windtest grevenbroich gmbh
- Wölfel Engineering GmbH + Co. KG
- wpd europe GmbH
- WRD Wobben Research and Development GmbH

Es gilt zu beachten, dass die Reihenfolge alphabetisch sortiert ist und damit keine Rückschlüsse auf den jeweiligen Teilnehmer anhand der durch die BWE-Geschäftsstelle vergebenen Teilnehmernummer gezogen werden kann.

Die Teilnehmer 21, 22 und 25 haben nur Ergebnisse für den Bereich Schall eingereicht und wurden daher im Bereich Schattenwurf nicht berücksichtigt.



3 Aufgabenstellung und Ergebnisabfrage

3.1 Ausgangssituation

Am Standort Sprengel nordöstlich von Neuenkirchen in der Lüneburger Heide befindet sich derzeit eine Windenergieanlage in Betrieb. Im Umfeld sollen nun drei weitere Windenergieanlagen errichtet werden. Im Zuge des Genehmigungsverfahrens ist hierfür die Berechnung der von den Anlagen ausgehenden Schallimmissionen sowie des Schattenwurfs notwendig. Zusätzlich befindet sich im Bereich der Ortschaft Königshof eine Biogasanlage, die bei der Schallberechnung ebenfalls berücksichtigt werden muss.

Der fiktive Windpark Sprengel wurde von den Organisatoren des Ringvergleichs "künstlich" erzeugt. Ähnlichkeiten zu tatsächlichen Planungen bezüglich der Standorte, der WEA-Typen und der Nabenhöhe wären rein zufällig und sind nicht beabsichtigt.

3.2 Aufgabenstellung

Ziel war die Berechnung der Schallimmissionen und/oder der Schattenwurfdauer für die Vor-, die Zusatz- und die Gesamtbelastung an insgesamt vier vorgegebenen Immissionsorten. Je Themenbereich (Schall bzw. Schatten) waren die zu liefernden Ergebnisse klar definiert und sollten in ein bereitgestelltes Ergebnisformular eingetragen werden. Dieses enthält die entsprechend bezeichneten Tabellenblätter mit weiteren Erläuterungen.

Eine individuelle Standortbegehung war nicht erforderlich und nicht vorgesehen.

Es sollten alle vorgegebenen Eingangsdaten als gegeben angenommen werden. Eine eigene Korrektur/Anpassung (z. B. des Geländemodells) sollte nicht durchgeführt werden, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

Weitere im Standortumfeld möglicherweise tatsächlich vorhandene, genehmigte oder beantragte Windenergieanlagen oder weitere tatsächlich vorhandene Gewerbebetriebe waren ebenfalls nicht einzubeziehen.

Folgende Ergebnisse wurden je Themenbereich bei den Teilnehmern abgefragt:

Schallimmissionsberechnungen:

- berechnetes Oktavsprektrum (Umrechnung aus dem vorgegebenen Terzband,
 Referenzspektrum)
- Beurteilungspegel an den Immissionsorten (Vor-, Zusatz-, Gesamtbeastung)
- Schallbeiträge durch WEA und Gewerbe
- Unsicherheitsbetrachtung emissonsseitig oder immissionsseitig
- verwendete Software

Schattenwurfberechnungen:

- Beschattungsbereich
- astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer an den Immissionsorten (kumulierte



jährliche / maximale tägliche; Vor-, Zusatz-, Gesamtbelastung)

- Verwendete Software

3.3 Methode der Datenauswertung

Grundsätzlich werden die von den jeweiligen Teilnehmern abgegebenen Werte unverändert übernommen. Sollten im Bereich Schall Werte mit mehr als einer Nachkommastelle angegeben worden sein, so gehen diese Werte ebenfalls unverändert in die Datenauswertung ein, d. h. es wird bei der Datenauswertung nicht auf eine Nachkommastelle gerundet. Zur besseren Lesbarkeit werden diese Angaben dennoch mit nur einer Nachkommastelle dargestellt.

Bei der eigentlichen Datenauswertung der einzelnen Ergebnisse wird von einer Normalverteilung bei einer Intervallbreite von $\pm 2\sigma$ ausgegangen. Hierdurch wird der Erwartungswert von ca. 95 % aller Messwerte in zwei Schritten wie folgt ermittelt:

Im ersten Schritt werden für jedes auszuwertende Ergebnis im Bereich Schall die energetischen Mittelwerte \overline{L} gemäß Gleichung 1 und im Bereich Schattenwurf die arithmetischen Mittelwerte \overline{X} gemäß Gleichung 2 ermittelt. Darüber hinaus erfolgt in beiden Bereichen die Ermittlung der Standardabweichung aus einer Stichprobe σ gemäß Gleichung 3.

$$\bar{L} = 10 \cdot \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 \cdot L_i}$$

$$\overline{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} X_i$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Dabei ist:

n Anzahl der abgegebenden Werte

i Nummer der Stichprobe

L_i/X_i Wert der Stichprobe

Für die anschließende Ermittlung des oben genannten Erwartungswertes (EW) auf Basis eines energetischen bzw. arithmetischen Mittelwertes werden alle Werte berücksichtigt, die sich im Intervall $UG \le X \le OG$ befinden (vgl. Tabelle 2). Dabei ergibt sich die untere Intervallgrenze zu $UG = \overline{L/X} - 2\sigma$ und die obere Intervallgrenze zu $UG = \overline{L/X} + 2\sigma$. Die Ermittlung der jeweiligen Mittelwerte erfolgt anhand der Gleichungen 1 und 2. Alle Werte außerhalb des zuvor genannten Intervalls sind von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Zur besseren Sichtbarkeit werden diese Werte in den Tabellen der Ergebnisse der Teilnehmer rot dargestellt.

Abschließend werden die abgegebenen Ergebnisse mit dem ermittelten Erwartungswert verglichen. Differenzen im Bereich Schall von mehr als \pm 0,1 dB(A) und im Bereich Schattenwurf von mehr als \pm 1 h werden rot hervorgehoben.



Tabelle 1: Beispielwerte zur Ermittlung der statistischen Kenngrößen

Teilnehmer	Wert
А	2
В	2
С	4
D	2
E	2
X	2
σ	0,9
2σ	1,8
X - 2σ	1
X̄ + 2σ	4

Tabelle 2: Ermittlung des Erwartungswertes \overline{Y}

Teilnehmer	Wert
А	2
В	2
С	4
D	2
E	2
₹;EW	2

Besonderer Hinweis für die Datenauswertung im Bereich Schall

Zur Ermittlung der Schallbeiträge der gewerblichen Vorbelastung in Form einer Biogasanlage ist aufgrund der Quellenhöhe von 5 m über Grund das alternative Verfahren der DIN ISO 9613-2 anzuwenden. Dieses Verfahren ist in den jeweils verwendeten Schallausbreitungsprogrammen unterschiedlich umgesetzt. Daher erfolgt neben dem grundsätzlichen Vergleich der Teilnehmer untereinander eine zusätzliche Unterteilung der gelieferten Ergebnisse in Teilnehmer, die die Software windPRO, CadnA und IMMI verwendet haben. Eine Unterscheidung der Softwareversionen erfolgt hierbei nicht, da davon ausgegangen wurde, dass dies keinen Einfluss auf das Ergebnis hat.

Die jeweilige Einteilung erfolgt durch einen Vergleich der Angabe der verwendeten Software durch die Teilnehmer.

Besonderer Hinweis für die Datenauswertung im Bereich Schattenwurf

Im Bereich Schattenwurf war die kumulierte jährliche Schattenwurfdauer der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung in Stunden (h) und Minuten (min) anzugeben.



Für das weitere Vorgehen erfolgte eine Zusammenfassung der Stunden- und Minutenangaben der kumulierten jährlichen Schattenwurfdauer (h*60+min) zu Minuten pro Jahr und eine Datenauswertung analog der oben beschriebenen Vorgehensweise. Für die Bewertung der Ergebnisse wird anstelle der absoluten Differenz zum Erwartungswert der prozentuale Anteil des aggregierten Ergebnisses am Erwartungswert dargestellt. Diese Darstellungsform wurde gewählt, da die Abweichungen in Minuten umso größer werden, je mehr Schattenwurf an den einzelnen Immissionsorten auftritt.

Die Auswertung der Ergebnisse der maximalen täglichen Schattenwurfdauer in Minuten erfolgte nach dem oben beschriebenen Verfahren.



4 Ergebnisse im Detail

4.1 Auswertung Schall

4.1.1 Verwendete Software

Für die Schallausbreitungsberechnungen wurden von den Teilnehmern drei verschiedene Softwareprogramme verwendet mit unterschiedlichen Versionsnummern. Die Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Softwareprogramme über die Teilnehmeranzahl.

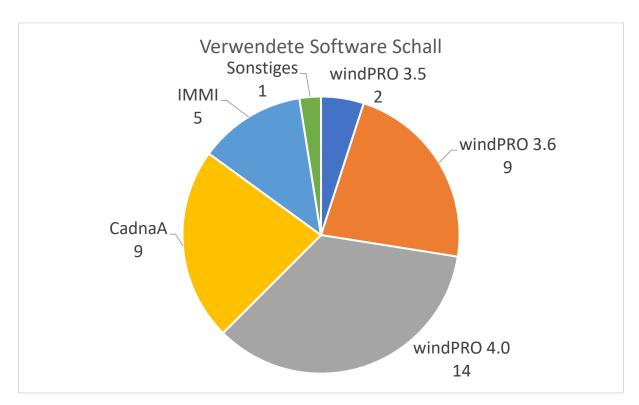


Abbildung 1: Verteilung der verwendeten Software zur Schallberechnung

4.1.2 Summenschallpegel und Oktavspektrum

Bei der Angabe der Summenschallleistungspegel und des Oktavspektrums gibt es drei Abweichungen, wobei die Mehrheit der Teilnehmer die zu erwartenden Werte abgegeben haben. Die Abbildungen 2 bis 4 zeigen die entsprechende Verteilung der Summenschallleistungspegel und Oktavspektren für die Vorbelastung und die Zusatzbelastung.

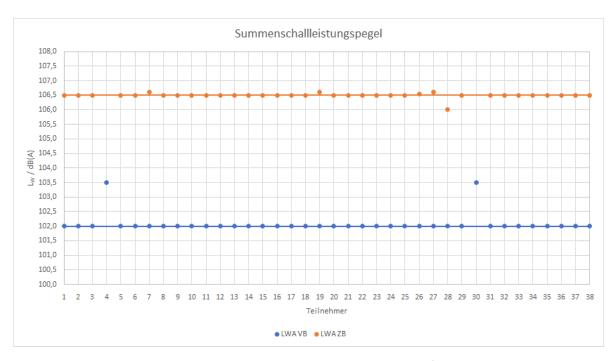


Abbildung 2: Summenschallleistungspegel der Vor- und Zusatzbelastung (horizontale Linie entspricht dem jeweiligen Erwartungswert)

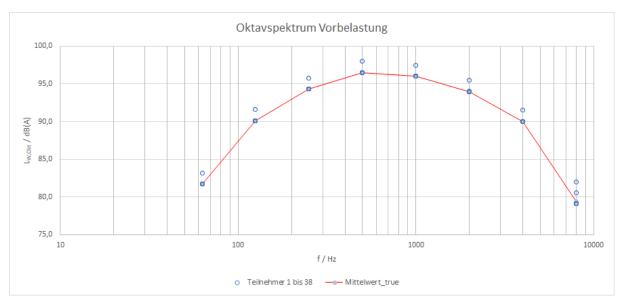


Abbildung 3: Oktavspektrum der Vorbelastung (rote Linie entspricht dem Erwartungswert)



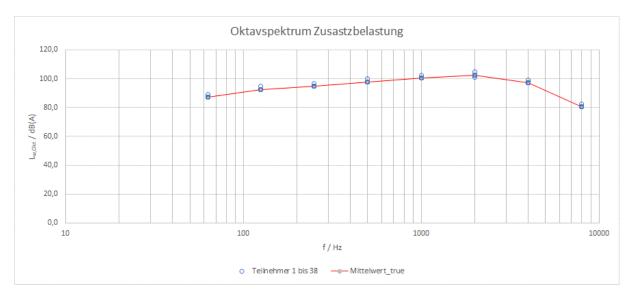


Abbildung 4: Oktavspektrum der Zusatzbelastung (rote Linie entspricht dem Erwartungswert)

4.1.3 Auswertung der Beurteilungspegel an den Immissionsorten

4.1.3.1 Vorbelastung WEA und Gewerbe

Hier wurden die ermittelten Beurteilungspegel an den vier Immissionsorten verglichen, wobei die Vorbelastung zunächst getrennt nach WEA und Gewerbe betrachtet wurde. Bei der Gegenüberstellung der Vorbelastung Gewerbe wurden zusätzlich noch die verwendeten Softwareprogramme verglichen, da sich die Umsetzung der Schallausbreitungsberechnung in den Programmen etwas unterscheidet. Anschließend erfolgt die Betrachtung der Zusatzbelastung und der Gesamtbelastung.

Die Abbildung 5 zeigt die Auswertung der Beurteilungspegel der Vorbelastung durch die bestehende WEA am Standort. Die Belastung an den IO A bis D durch die gewerbliche Emissionsquelle wird in der Abbildung 6 verglichen.



Abbildung 5: Beurteilungspegel der oberen Vertrauensbereichsgrenze der Vorbelastung durch WEA (horizontale Linie entspricht dem jeweiligen Erwartungswert)



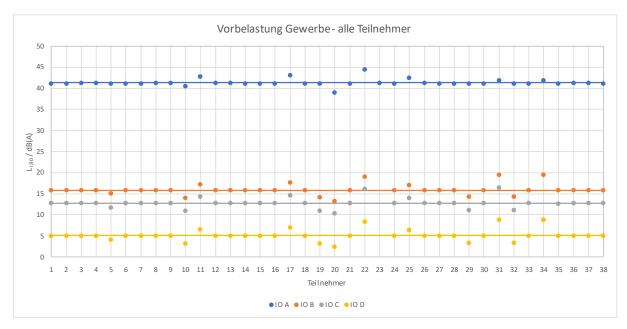


Abbildung 6: Beurteilungspegel der Vorbelastung durch die gewerbliche Schallquelle (horizontale Linie entspricht dem jeweiligen Erwartungswert)

In der Abbildung 6 zeigen sich bei der Berechnung der Schallbelastung durch die gewerbliche Schallquelle deutlich mehr Abweichungen der Teilnehmer untereinander. Zur Ermittlung, was zu diesen Abweichungen geführt haben kann, wurden die Berechnungsergebnisse der jeweils verwendeten Software verglichen, da das Prüfverfahren in den Programmen unterschiedlich umgesetzt wird. Es hat sich gezeigt, dass die Abweichungen der Berechnungsergebnisse in windPRO am höchsten ausfielen. Alle Teilnehmer, die das Programm IMMI verwendeten, hatten die gleichen Ergebnisse und damit keine Abweichungen untereinander. Die folgende Abbildung 7 zeigt die Schwankungsbreiten der Ergebnisse je Softwareprogramm.

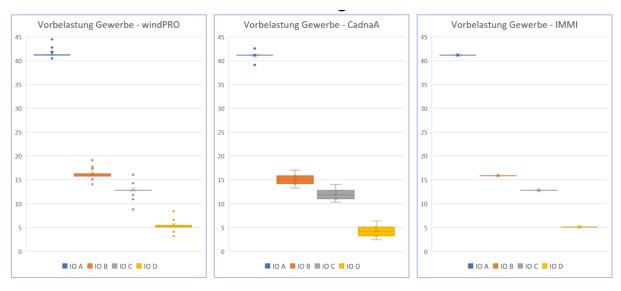


Abbildung 7: Schwankungsbreiten der Beurteilungspegel der Vorbelastung durch die gewerbliche Schallquelle je eingesetzter Software

Die Auswertung der gesamten Vorbelastung aus WEA und Gewerbe wird in der Abbildung 8 dargestellt. Da der IO A am dichtesten an der gewerblichen Schallquelle liegt, wirken sich die Schwankungen in dieser Berechnung stärker aus als bei den drei anderen IO.



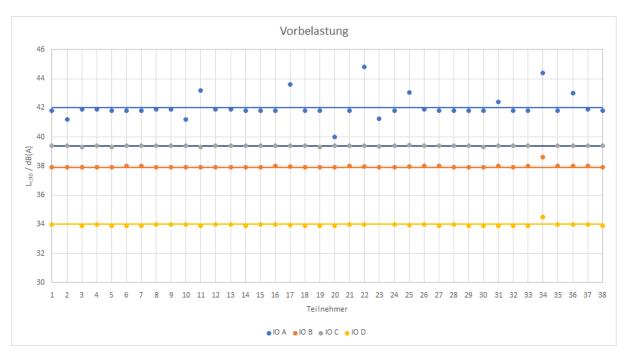


Abbildung 8: Beurteilungspegel der oberen Vertrauensbereichsgrenze der kombinierten Vorbelastung (horizontale Linie entspricht dem jeweiligen Erwartungswert)

4.1.3.2 Zusatzbelastung

Bei der Zusatzbelastung handelte es sich um drei neu geplante WEA, welche in das fiktive Gebiet zugebaut werden sollen. Hier galt es die Belastung der geplanten WEA an den vier IO zu bestimmen. Insgesamt gab es unter den Teilnehmern ein einheitliches Bild mit einzelnen Ausreißern. Die Übersicht der Ergebnisse ist in der Abbildung 9 dargestellt.

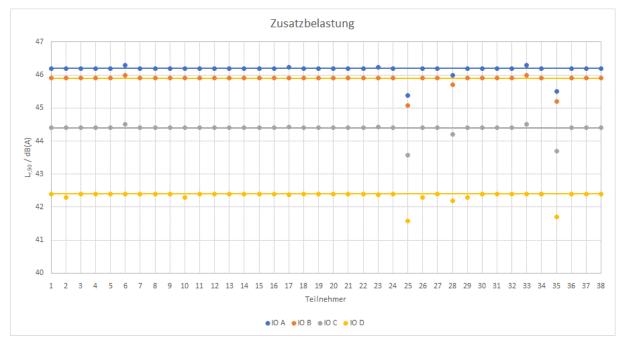


Abbildung 9: Beurteilungspegel der oberen Vertrauensbereichsgrenze der Zusatzbelastung (horizontale Linie entspricht dem jeweiligen Erwartungswert)



4.1.3.3 Gesamtbelastung

Die Darstellung der Gesamtbelastung erfolgt etwas detaillierter. Hier werden auch die Tabellen der Ergebnisse je Teilnehmer und die Ermittlung des Erwartungswertes aufgezeigt.

Bei der Auswertung der Gesamtbelastung durch die bestehende WEA, die Biogasanlage und die drei neuen WEA ergibt sich dann folgendes Ergebnis, welches den Tabellen 3 bis 5 und der Abbildung 10 entnommen werden kann.

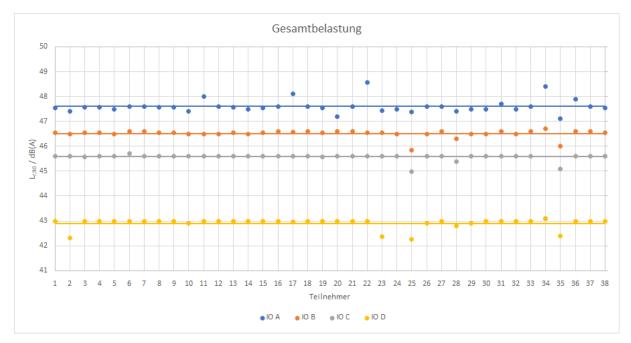


Abbildung 10: Beurteilungspegel der oberen Vertrauensbereichsgrenze der Gesamtbelastung (horizontale Linie entspricht dem Erwartungswert)

Die Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Beurteilungspegel durch die Gesamtbelastung je IO und je Teilnehmer, den arithmetischen Mittelwert, die Standardabweichung und die berechneten Intervallgrenzen.

Tabelle 3: Ergebnisse Teilnehmer - Beurteilungspegel der Gesamtbelastung

	IO A	IO B	ЮС	IO D	
Teilnehmer		L _{r,90,GB} / dB(A)			
1	47,5	46,5	45,6	43,0	
2	47,4	46,5	45,6	42,3	
3	47,6	46,5	45,6	43,0	
4	47,6	46,5	45,6	43,0	
5	47,5	46,5	45,6	43,0	
6	47,6	46,6	45,7	43,0	
7	47,6	46,6	45,6	43,0	
8	47,6	46,5	45,6	43,0	
9	47,6	46,5	45,6	43,0	
10	47,4	46,5	45,6	42,9	
11	48,0	46,5	45,6	43,0	



	IO A	IO B	IO C	IO D
Teilnehmer	L _{r,90,GB} / dB(A)			
12	47,6	46,5	45,6	43,0
13	47,6	46,5	45,6	43,0
14	47,5	46,5	45,6	43,0
15	47,5	46,5	45,6	43,0
16	47,6	46,6	45,6	43,0
17	48,1	46,6	45,6	43,0
18	47,6	46,6	45,6	43,0
19	47,5	46,5	45,6	43,0
20	47,2	46,6	45,6	43,0
21	47,6	46,6	45,6	43,0
22	48,6	46,5	45,6	43,0
23	47,4	46,6	45,6	42,4
24	47,5	46,5	45,6	34,0
25	47,4	45,8	45,0	42,3
26	47,6	46,5	45,6	42,9
27	47,6	46,6	45,6	43,0
28	47,4	46,3	45,4	42,8
29	47,5	46,5	45,6	42,9
30	47,5	46,5	45,6	43,0
31	47,7	46,6	45,6	43,0
32	47,5	46,5	45,6	43,0
33	47,6	46,6	45,6	43,0
34	48,4	46,7	43,1	43,1
35	47,1	46,0	45,1	42,4
36	47,9	46,6	45,6	43,0
37	47,6	46,6	45,6	43,0
38	47,5	46,5	45,6	43,0
T _{r,90,GB}	47,6	46,5	45,5	42,8
σ	0,3	0,2	0,4	1,5
2σ	0,5	0,3	0,8	2,9
UG	47,1	46,2	44,7	39,9
OG	48,2	46,8	46,4	45,7

In der Tabelle 4 wird der ermittelte Erwartungswert für die Gesamtbelastung dargestellt. Die Tabelle 5 zeigt dann die Differenz an den IO je Teilnehmer zum Erwartungswert.

Tabelle 4: Ermittlung des Erwartungswertes der Gesamtbelastung

	IO A	IO B	10 C	IO D
Teilnehmer		L _{r,90,GB} ,	/ dB(A)	
1	47,5	46,5	45,6	43,0
2	47,4	46,5	45,6	42,3
3	47,6	46,5	45,6	43,0
4	47,6	46,5	45,6	43,0
5	47,5	46,5	45,6	43,0



	IO A	IO B	IO C	IO D
Teilnehmer		L _{r,90,GB}	/ dB(A)	
6	47,6	46,6	45,7	43,0
7	47,6	46,6	45,6	43,0
8	47,6	46,5	45,6	43,0
9	47,6	46,5	45,6	43,0
10	47,4	46,5	45,6	42,9
11	48,0	46,5	45,6	43,0
12	47,6	46,5	45,6	43,0
13	47,6	46,5	45,6	43,0
14	47,5	46,5	45,6	43,0
15	47,5	46,5	45,6	43,0
16	47,6	46,6	45,6	43,0
17	48,1	46,6	45,6	43,0
18	47,6	46,6	45,6	43,0
19	47,5	46,5	45,6	43,0
20	47,2	46,6	45,6	43,0
21	47,6	46,6	45,6	43,0
22		46,5	45,6	43,0
23	47,4	46,6	45,6	42,4
24	47,5	46,5	45,6	
25	47,4		45,0	42,3
26	47,6	46,5	45,6	42,9
27	47,6	46,6	45,6	43,0
28	47,4	46,3	45,4	42,8
29	47,5	46,5	45,6	42,9
30	47,5	46,5	45,6	43,0
31	47,7	46,6	45,6	43,0
32	47,5	46,5	45,6	43,0
33	47,6	46,6	45,6	43,0
34		46,7		43,1
35	47,1		45,1	42,4
36	47,9	46,6	45,6	43,0
37	47,6	46,6	45,6	43,0
38	47,5	46,5	45,6	43,0
T _{r,90,GB;EW}	47,6	46,5	45,6	42,9

Die Tabelle 5 zeigt die Abweichungen je Teilnehmer vom Erwartungswert. Es ist zu erkennen, dass 12 Teilnehmer an dem IO A um mehr als 0,1 dB vom Erwartungswert abgewichen sind. Bei den IO B bis D fiel die Anzahl der Abweichungen (4 bis 6) deutlich geringer aus, was wiederum auf den Einfluss der unterschiedlichen Berechnungsergebnisse zur gewerblichen Vorbelastung hinweist.



Tabelle 5: Bewertung Differenz zum Erwartungswert je Teilnehmer - Gesamtbelastung

	IO A	IO B	IO C	IO D
Teilnehmer	.5,,	II.	/ dB(A)	
1	-0,1	0,0	0,0	0,1
2	-0,2	0,0	0,0	-0,6
3	0,0	0,0	0,0	0,1
4	0,0	0,0	0,0	0,1
5	-0,1	0,0	0,0	0,1
6	0,0	0,1	0,1	0,1
7	0,0	0,1	0,0	0,1
8	0,0	0,0	0,0	0,1
9	0,0	0,0	0,0	0,1
10	-0,2	0,0	0,0	0,0
11	0,4	0,0	0,0	0,1
12	0,0	0,0	0,0	0,1
13	0,0	0,0	0,0	0,1
14	-0,1	0,0	0,0	0,1
15	-0,1	0,0	0,0	0,1
16	0,0	0,1	0,0	0,1
17	0,5	0,1	0,0	0,1
18	0,0	0,1	0,0	0,1
19	-0,1	0,0	0,0	0,1
20	-0,4	0,1	0,0	0,1
21	0,0	0,1	0,0	0,1
22	1,0	0,0	0,0	0,1
23	-0,2	0,1	0,0	-0,5
24	-0,1	0,0	0,0	-8,9
25	-0,2	-0,7	-0,6	-0,6
26	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,1	0,0	0,1
28	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1
29	-0,1	0,0	0,0	0,0
30	-0,1	0,0	0,0	0,1
31	0,1	0,1	0,0	0,1
32	-0,1	0,0	0,0	0,1
33	0,0	0,1	0,0	0,1
34	0,8	0,2	-2,5	0,2
35	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
36	0,3	0,1	0,0	0,1
37	0,0	0,1	0,0	0,1
38	-0,1	0,0	0,0	0,1



4.1.4 Unsicherheitsbetrachtung

Die Auswertung der verwendeten Sicherheitszuschläge für die WEA der Zusatz- und Vorbelastung ergab ein einheitliches Bild mit lediglich zwei Abweichungen. Die meisten Teilnehmer, 29 von 38, wandten den Sicherheitszuschlag emissionsseitig an, 9 Teilnehmer berücksichtigten die Unsicherheiten auf der Immissionsseite. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung 11 zusammenfassend dargestellt.

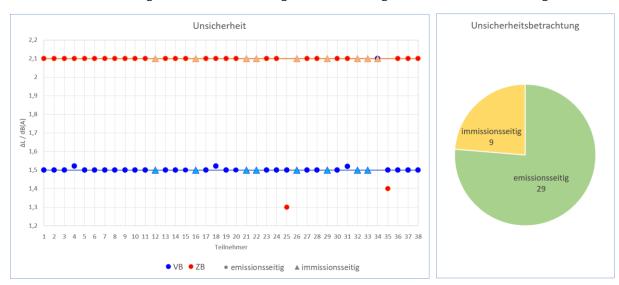


Abbildung 11: Sicherheitszuschlag der Vor- und Zusatzbelastung (horizontale Linie entspricht dem jeweiligen Erwartungswert), emissions- oder immissionsseitigen Unsicherheitsbetrachtung

4.1.5 Fazit Ergebnisse Schallberechnungen

Die Ergebnisse der Schallberechnungen zeigen auf, dass 68 % der Teilnehmer keine oder eine Abweichung von maximal 0,1 dB vom Erwartungswert der Gesamtbelastung aufweisen. Von den 32 % der abweichenden Teilnehmer hatten wiederum 67 % Abweichungen unter 0,5 dB. Insgesamt wichen verteilt über alle IO acht Teilnehmer über 0,5 dB vom erwartenden Ergebnis ab, was bei 38 Teilnehmern 21 % entspricht.

Insgesamt kann die Datenlagen des Ringversuches Schall über die 38 Teilnehmer als homogen und dem angewandten Prüfverfahren entsprechenden Genauigkeit als sehr gut angesehen werden.

Fazit ist, dass die Ergebnisse der Vorbelastung durch die Biogasanlage (alternatives Verfahren) größere Variation als Ergebnisse für die Beurteilungspegel der WEA (Interimsverfahren) aufzeigen, was ggf. auf die folgenden möglichen Ursachen hinweisen kann:

- größerer Einfluss des Höhenmodells beim alternativen Verfahren
- fälschliche Verwendung des Interimsverfahrens
- unterschiedliche C_{met}
 evtl. Vergabe eines Unsicherheitszuschlages



4.2 Auswertung Schatten

4.2.1 Verwendete Software

Für die Berechnungen der Belastungen durch periodischen Schattenwurf stehen deutlich weniger Programme zur Prüfung zur Verfügung. Dementsprechend haben alle bis auf einen Teilnehmer das Programm windPRO in verschiedenen Versionsständen verwendet. Die Verteilung der verwendeten Software ist in der folgenden Abbildung 12 dargestellt.

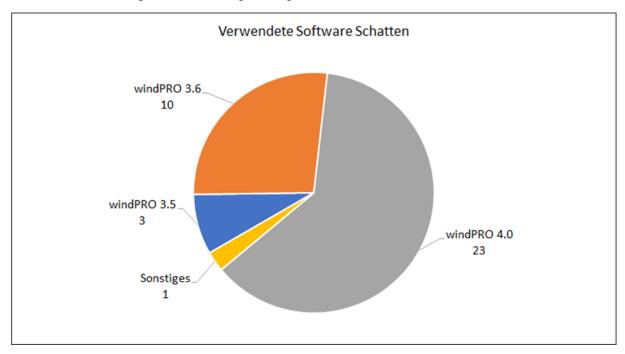


Abbildung 12: Übersicht über die verwendete Software (in Absolutwerten)

4.2.2 Beschattungsbereiche

Bei der Beurteilung des periodischen Schattenwurfs ist der Beschattungsbereich der WEA maßgebend. Aus dem Grund wurde auch der ermittelte Beschattungsbereich der WEA der Vor- und Zusatzbelastung abgefragt. Die Abbildung 13 zeigt die resultierenden Beschattungsbereiche für die Vor- und Zusatzbelastung je Teilnehmer.



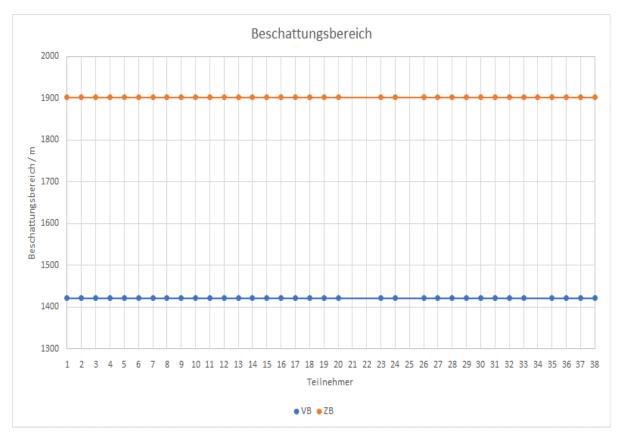


Abbildung 13: resultierender Beschattungsbereich der Vor- und Zusatzbelastung (horizontale Linie entspricht dem jeweiligen Erwartungswert)

4.2.3 Auswertung der berechneten Schattenwurfdauer je IO

Bei der Bewertung der Schattenwurfbelastung an den IO wird die kumulierte jährliche Schattenwurfdauer und die maximale tägliche Schattenwurfdauer herangezogen. Beide Werte wurden innerhalb des Ringversuches jeweils für die Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung abgefragt.

4.2.3.1 Kumulierte jährliche Schattenwurfdauer

In den folgenden Abbildungen wird die kumulierte jährliche Schattenwurfdauer der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung an dem jeweiligen IO in min/a dargestellt.

Bei den Teilnehmernummern 21, 22 und 25 sind keine Werte eingetragen, da diese Teilnehmer nicht an dem Ringversuch Schatten teilgenommen haben.



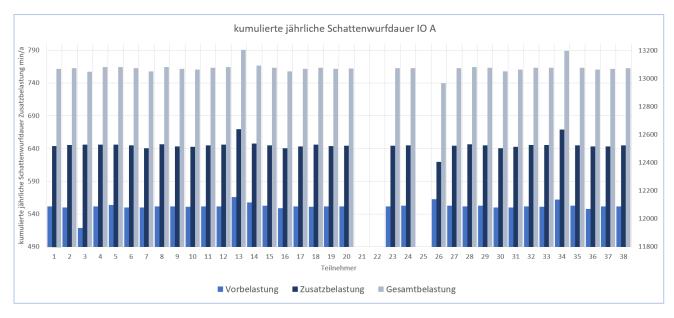


Abbildung 14: kumulierte jährliche Schattenwurfdauer in min/a am IO A

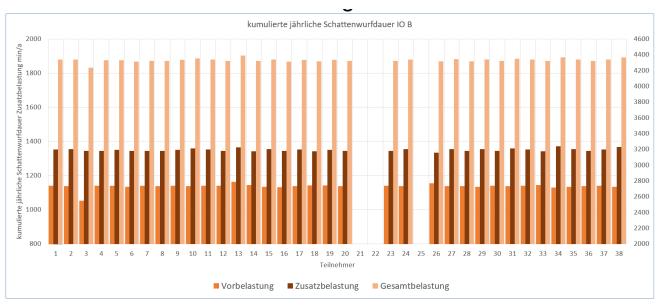


Abbildung 15: kumulierte jährliche Schattenwurfdauer in min/a am IO B

In der Abbildung 16 ist die kumulierte jährliche Schattenwurfdauer für den IO C dargestellt. Da die geplanten WEA der Zusatzbelastung an diesem IO keinen Schattenwurf erzeugen, entspricht die Gesamtbelastung gleich der Vorbelastung durch die bestehende WEA

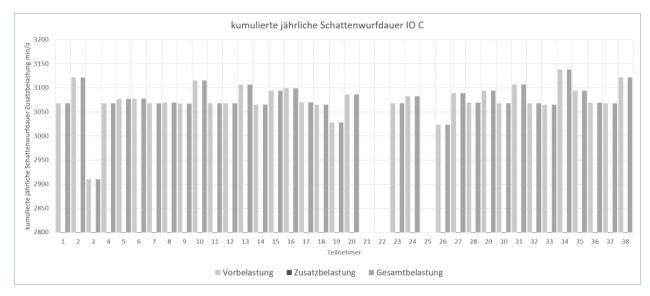


Abbildung 16: kumulierte jährliche Schattenwurfdauer in min/a am IO C

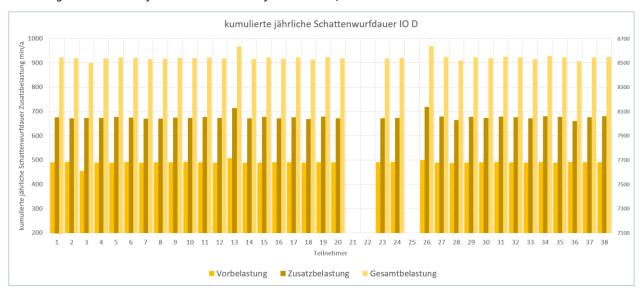


Abbildung 17: kumulierte jährliche Schattenwurfdauer in min/a am IO D

Werden die absoluten Werte der kumulierten jährlichen Schattenwurfdauer der Teilnehmer untereinander verglichen, erscheinen die Standardabweichungen recht hoch. Bei der Betrachtung des Verhältnisses zur Schattenwurfdauer an dem jeweiligen IO zeigt sich jedoch eine Standardabweichung von ca. 1 % des jeweiligen Mittelwertes. Die folgende Tabelle zeigt die prozentuale Bewertung für die kumulierte jährliche Schattenwurfdauer in min/a für die Gesamtbelastung.

Tabelle 6: Prozentuale Bewertung der zusammengefassten, kumulierten Schattenwurfdauer (Gesamtbelastung) zum Erwartungswert

Teilnehmer	IO A	IO B	10 C	IO D
1	100	100	100	100
2	100	100	101	100
3	100	98	94	100
4	100	100	100	100
5	100	100	100	100



Teilnehmer	IO A	IO B	IO C	IO D
6	100	100	100	100
7	100	100	100	100
8	100	100	100	100
9	100	100	100	100
10	100	100	101	100
11	100	100	100	100
12	100	100	100	100
13	101	101	101	101
14	100	100	100	100
15	100	100	100	100
16	100	100	101	100
17	100	100	100	100
18	100	100	100	100
19	100	100	98	100
20	100	100	100	100
23	100	100	100	100
24	100	100	100	100
26	99	100	98	101
27	100	100	100	100
28	100	100	100	100
29	100	100	100	100
30	100	100	100	100
31	100	100	101	100
32	100	100	100	100
33	100	100	100	100
34	101	101	102	100
35	100	100	100	100
36	100	100	100	100
37	100	100	100	100
38	100	101	101	100

4.2.3.2 Maximale tägliche Schattenwurfdauer

Ein einheitliches Bild mit nur geringen Abweichungen zeigen die Ergebnisse der maximalen täglichen Beschattungsdauer an den IO. Die Abbildung 18 zeigt die Ergebnisse der berechneten maximalen täglichen Beschattungsdauer der Gesamtbelastung in min/d.



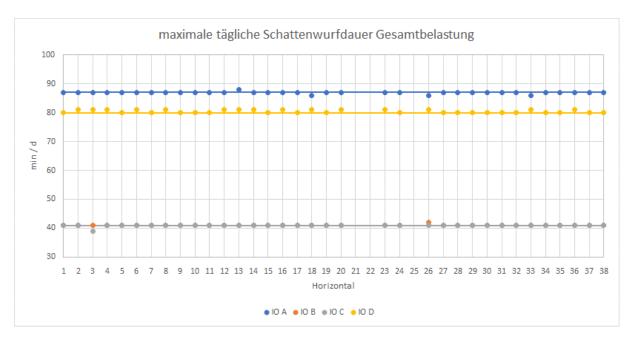


Abbildung 18: Maximale tägliche Schattenwurfdauer der Gesamtbelastung (horizontale Linie entspricht dem jeweiligen Erwartungswert)

4.2.4 Fazit der Ergebnisse der Schattenwurfberechnungen

Insgesamt zeigten sich bei den Schattenwurfberechnungen der kumulierte jährlichen Schattenwurfdauer in h/a und der maximalen täglichen Schattenwurfdauer in min/d geringe Abweichungen der Teilnehmer zu den Erwartungswerten. Bei den kumulierten jährlichen Beschattungszeiten in min/a erscheinen die Standardabweichungen recht hoch zu sein. Bei der Betrachtung des Verhältnisses zur Schattenwurfdauer am jeweiligen IO zeigt sich jedoch nur eine Standardabweichung von ca. 1 % des jeweiligen Mittelwertes.

Mögliche Ursachen für die Variationen der berechneten Beschattungszeiten könnten sein:

- Einfluss des Höhenmodells
- der Rezeptor wurde nicht punktförmig gewählt, was tendenziell zu höheren Werten gegenüber dem Mittelwert führt
- Einsatz eines richtungsabhängigen Rezeptors statt des "Gewächshausmodus" (tendenziell niedrigere Werte als der Mittelwert)
- Höhe über Grund (Grundlinie) nicht auf 2 m angepasst



Impressum

Bundesverband WindEnergie e.V.
EUREF-Campus 16
10829 Berlin
030 21234121 0
info@wind-energie.de
www.wind-energie.de
V.i.S.d.P. Wolfram Axthelm

Foto

i-Stockr

Haftungsausschluss

Die in diesem Papier enthaltenen Angaben und Informationen sind nach bestem Wissen erhoben, geprüft und zusammengestellt. Eine Haftung für unvollständige oder unrichtige Angaben, Informationen und Empfehlungen ist ausgeschlossen, sofern diese nicht grob fahrlässig oder vorsätzlich verbreitet wurden.

Der Bundesverband WindEnergie e.V. ist als registrierter Interessenvertreter im Lobbyregister des Deutschen Bundestages unter der Registernummer R002154 eingetragen. Den Eintrag des BWE finden Sie <u>hier</u>.

Ansprechpartnerinnen

Christina Hasse | Bundesverband WindEnergie e.V. | <u>c.hasse@wind-energie.de</u>

Manuela Scholz | Bundesverband WindEnergie e.V. | <u>m.scholz@wind-energie.de</u>

Autor*innen in alphabethischer Reihenfolge

Christian Hoffmann | WIND-consult GmbH Andreas Köhl, Ingenieurbüro Kuntzsch GmbH Beate Mallow, enosite GmbH

Das Organisationsteam, das den Ringversuch vorbereitete und auswertete

Michael Friedrich, Tractebel Engineering GmbH Christina Hasse und Manuela Scholz, BWE e.V. Christian Hoffmann, Wind-Consult GmbH Andreas Köhl, Ingenieurbüro Kuntzsch GmbH Sabine Schulz, IEL GmbH Beate Mallow, enosite GmbH

Datum

17. Juli 2024