

### 4.5 Betriebszustand und Schallemissionen

In der folgenden Tabelle sind unter der Berücksichtigung des Betriebsablaufs alle relevanten Schallemissionen verursachenden Vorgänge aufgeführt:

| BE | Betriebszustand<br>(z.B. Normalbetrieb,<br>Teillast, Volllast)<br>und emissions-<br>verursachender<br>Vorgang | Einsatzzeit                           |          |          | Schallquelle Nummer lt. Fließbild | Schallleistungs-<br>pegel [dB(A)] | Messverfahren oder<br>Literaturhinweis | Schallschutz-<br>maßnahmen |
|----|---|---------------------------------------|----------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|----------------------------|
|    |   | Tage/Woche<br>Tage/Monat<br>Tage/Jahr | Std./Tag | Uhrzeit  |                                   |                                   |  |                            |
| 1  | 2   | 3                                     | 4        | 5        | 6                                 | 7                                 | 8                                      | 9                          |
| II | Volllast  | 365                                   | 16       | 6-22 Uhr | Rotor                             | 106,7                             | Angaben Hersteller Fa. Enercon E-160   |                            |
| II | Volllast  | 365                                   | 8        | 22-6 Uhr | Rotor                             | 103,7                             | Angaben Hersteller Fa. Enercon E-160   |                            |
| II | Volllast  | 365                                   | 16       | 6-22 Uhr | Rotor                             | 106,7                             | Angaben Hersteller Fa. Enercon E-160   |                            |
| II | Volllast  | 365                                   | 8        | 22-6 Uhr | Rotor                             | 101,1                             | Angaben Hersteller Fa. Enercon E-160   |                            |
| II | Volllast  | 365                                   | 16       | 6-22 Uhr | Rotor                             | 106,7                             | Angaben Hersteller Fa. Enercon E-160   |                            |
| I  | Volllast  | 365                                   | 8        | 22-6 Uhr | Rotor                             | 101,1                             | Angaben Hersteller Fa. Enercon E-160   |                            |
| I  | Volllast  | 365                                   | 16       | 6-22 Uhr | Rotor                             | 106,7                             | Angaben Hersteller Fa. Enercon E-160   |                            |
| I  | Volllast  | 365                                   | 8        | 22-6 Uhr | Rotor                             | 102,9                             | Angaben Hersteller Fa. Enercon E-160   |                            |
| I  | Volllast  | 365                                   | 24       | 0-24 Uhr | Rotor                             | 106,7                             | Angaben Hersteller Fa. Enercon E-160   |                            |
| I  | Volllast  | 365                                   | 24       | 0-24 Uhr | Rotor                             | 106,7                             | Angaben Hersteller Fa. Enercon E-160   |                            |
| I  | Volllast  | 365                                   | 16       | 6-22 Uhr | Rotor                             | 106,7                             | Angaben Hersteller Fa. Enercon E-160   |                            |
| I  | Volllast  | 365                                   | 8        | 22-6 Uhr | Rotor                             | 105,2                             | Angaben Hersteller Fa. Enercon E-160   |                            |

Antragsteller: EnBW Windkraftprojekte GmbH

Aktenzeichen:

Erstelldatum: 24.01.2025 Version: 3 Erstellt mit: ELiA-2.8-b5

## 4.7 Sonstige Emissionen

Anlagen:

- 20240508\_STF01\_Schattenwurfgutachten\_Ramboll.pdf
- 20241130\_STF01\_Schallgutachten\_Rev2\_Ramboll.pdf
- A1\_IO C Rasterkarte.pdf
- A2\_Rechenlauf-info.pdf
- A3\_WR Rasterkarte.pdf
- A4\_Detailergebnisse mit Abar.pdf

Antragsteller: EnBW Windkraftprojekte GmbH

Aktenzeichen:

Erstelldatum: 24.01.2025 Version: 3 Erstellt mit: ELiA-2.8-b5

Schattenwurfprognose für  
sieben Windenergieanlagen  
am Standort  
**Staffelde**  
(Brandenburg)

Datum: 08.05.2024

Bericht Nr. 18-1-3061-002-SF

Auftraggeber:

EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Schiffbauerdamm 1 | 10117 Berlin

Auftragsnummer: 352008108

Bearbeiter:

Ramboll Deutschland GmbH

Jonas Feja, MLE

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

Tel 0561 / 288 573-0



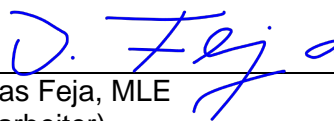
Die vorliegende Schattenwurfprognose für den Standort Staffelde (Brandenburg) wurde der Ramboll Deutschland GmbH im April 2024 von der EnBW Energie Baden-Württemberg AG in Auftrag gegeben. Die Ramboll Deutschland GmbH ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 [1] u. a. für die Erstellung von Schattenwurfprognosen akkreditiert. Die firmenintern verwendeten Berechnungsverfahren gemäß den zuvor genannten Anforderungen sind in der Ramboll-Qualitätsmanagement Prozessbeschreibung „Schatten“ festgelegt und dokumentiert.


Die Ergebnisse basieren auf Berechnungen nach den Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [2] sowie den vom Auftraggeber und dem WEA-Hersteller gestellten Standort- und Anlagendaten. Die Berechnungen wurden mit dem Softwareprogramm windPRO (Modul SHADOW) von EMD International A/S [3] durchgeführt.

Alle Rechte an diesem Bericht sind der Ramboll Deutschland GmbH vorbehalten. Dieses Dokument darf, mit Ausnahme des Auftraggebers, der Genehmigungsbehörden und der finanzierenden Banken, weder in Teilen noch in vollem Umfang ohne vorherige schriftliche Zustimmung der Ramboll Deutschland GmbH reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

| Nr. | Datum      | Bearbeiter | Beschreibung   |
|-----|------------|------------|--|
| 002 | 08.05.2024 | J. Feja    | Planung von sieben WEA des Typs Enercon E-160 EP5 E3 |

Kassel, 08.05.2024

  
 \_\_\_\_\_  
 Jonas Feja, MLE  
 (Bearbeiter)

  
 \_\_\_\_\_  
 Nils Fischer, M.Sc.  
 (Prüfer)



## Inhalt:

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Zusammenfassung</b>                               | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Standort- und WEA-Daten</b>                       | <b>5</b>  |
|          | 2.1 Aufgabenstellung                                 | 5         |
|          | 2.2 Immissionsorte                                   | 7         |
|          | 2.3 Immissionsrichtwerte                             | 10        |
|          | 2.4 Windenergieanlagen                               | 10        |
| <b>3</b> | <b>Schattenwurfberechnungen</b>                      | <b>12</b> |
|          | 3.1 Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer  | 12        |
|          | 3.2 Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer | 13        |
| <b>4</b> | <b>Bewertung der Ergebnisse</b>                      | <b>14</b> |
|          | 4.1 Beurteilung der Berechnungen                     | 14        |
|          | 4.2 Hinweise zur Abschaltautomatik                   | 14        |
|          | 4.3 Genauigkeit der Prognose                         | 15        |
| <b>5</b> | <b>Quellenverzeichnis</b>                            | <b>16</b> |
| <b>6</b> | <b>Anhang</b>  | <b>17</b> |

# 1 Zusammenfassung

Am Windparkstandort Staffelde wurden für 13 Immissionsorte (IO) die Beschattungsdauern durch sieben neu geplante Windenergieanlagen (WEA) des Typs Enercon E-160 EP5 E3 mit 166,6 m Nabenhöhe entsprechend den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] berechnet. Den Berechnungen wurde ein Worst-Case-Szenario zugrunde gelegt. Die Immissionsrichtwerte betragen dabei maximal 30 Stunden im Jahr und maximal 30 Minuten am Tag.

**Diese Werte werden ohne schattenwurfbegrenzende Maßnahmen an zwölf Immissionsorten überschritten (siehe Kapitel 3). Die WKA-Schattenwurfhinweise [2] sehen für diesen Fall vor, dass der Schattenwurf der WEA, die eine Überschreitung verursachen, mittels einer Abschaltautomatik entsprechend den Richtwerten begrenzt wird. Im vorliegenden Fall betrifft dies die WEA STA 01 und STA 02**

Die Grundlagen für die Berechnung sowie die detaillierten Berechnungsergebnisse sind den folgenden Kapiteln zu entnehmen.

## 2 Standort- und WEA-Daten

### 2.1 Aufgabenstellung

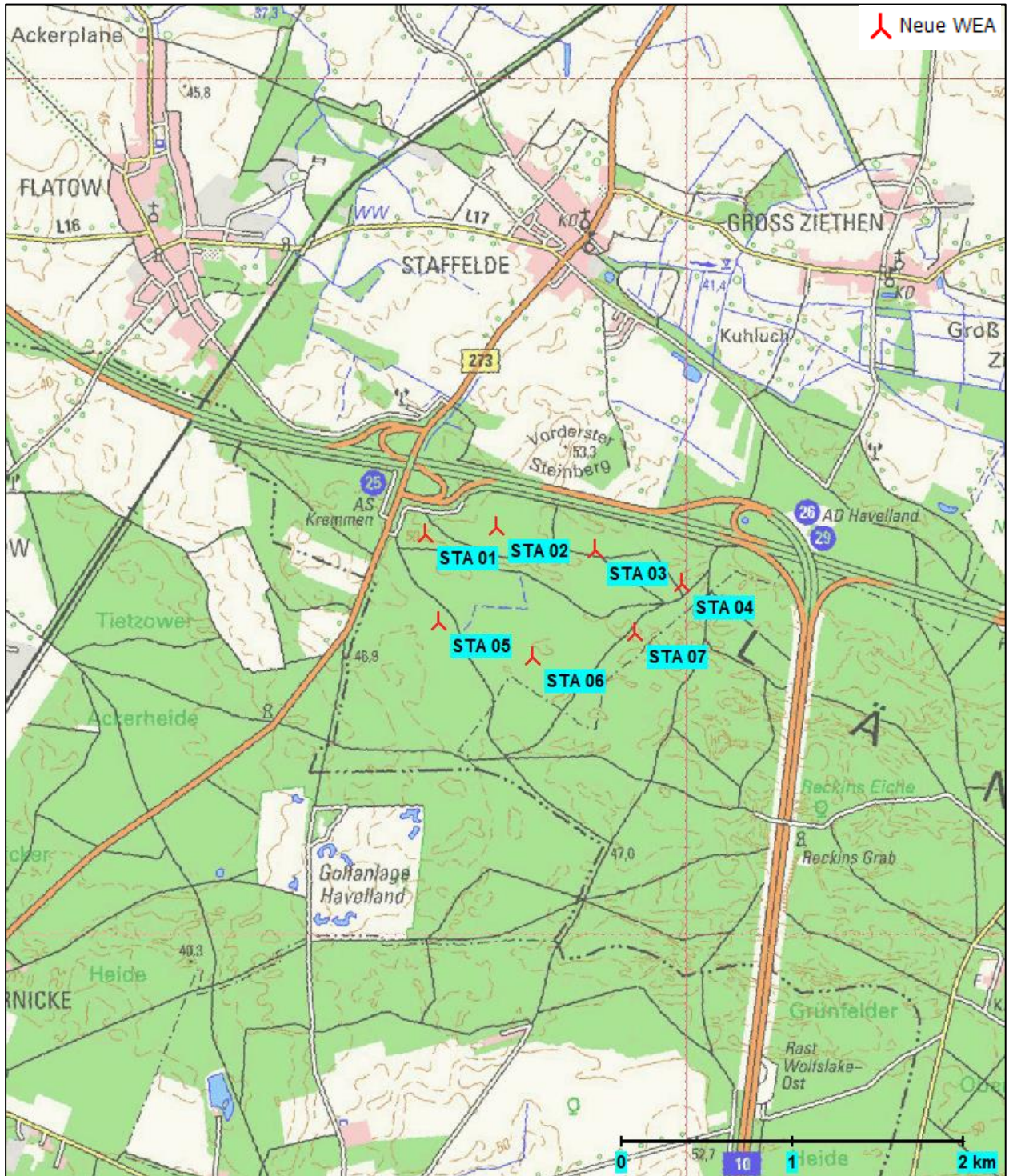
Der Auftraggeber plant am Standort Staffelde östlich von Tietzow, nordöstlich von Bönicke und südlich von Staffelde sieben Windenergieanlagen (WEA) des Typs Enercon E-160 EP5 E3 mit 166,6 m Nabenhöhe zu errichten (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1: Kenndaten der geplanten WEA**

| WEA    | WEA Hersteller / Typ | Nabenhöhe | Ost             | Nord      |
|--------|----------------------|-----------|-----------------|-----------|
|        |                      | [m]       | [UTM 33 ETRS89] |           |
| STA 01 | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6     | 363.467         | 5.842.335 |
| STA 02 | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6     | 363.889         | 5.842.377 |
| STA 03 | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6     | 364.460         | 5.842.243 |
| STA 04 | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6     | 364.969         | 5.842.046 |
| STA 05 | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6     | 363.548         | 5.841.822 |
| STA 06 | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6     | 364.096         | 5.841.613 |
| STA 07 | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6     | 364.699         | 5.841.755 |

In der Nähe des geplanten Standorts existieren keine weiteren WEA.

Es sollen die Immissionen durch periodischen Schattenwurf der Windenergieanlagen nach den Grundlagen der WKA-Schattenwurfhinweise [2] an der umliegenden Bebauung berechnet werden.



**Abbildung 1: Übersichtskarte (© TK 50)**

Grundlage der Berechnung sind die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Daten der geplanten WEA (Typ, Nabenhöhe, Koordinaten) sowie die bei der Standortbesichtigung am

23.02.2024 erhobenen Daten über relevante Immissionsorte und deren Umgebung. Das Höhenrelief wurde dem DGM 5 Brandenburg entnommen. Die Berechnung wurde mit der Software windPRO, Modul SHADOW [3] durchgeführt. Grundlagen zur Berechnung finden sich im Anhang.

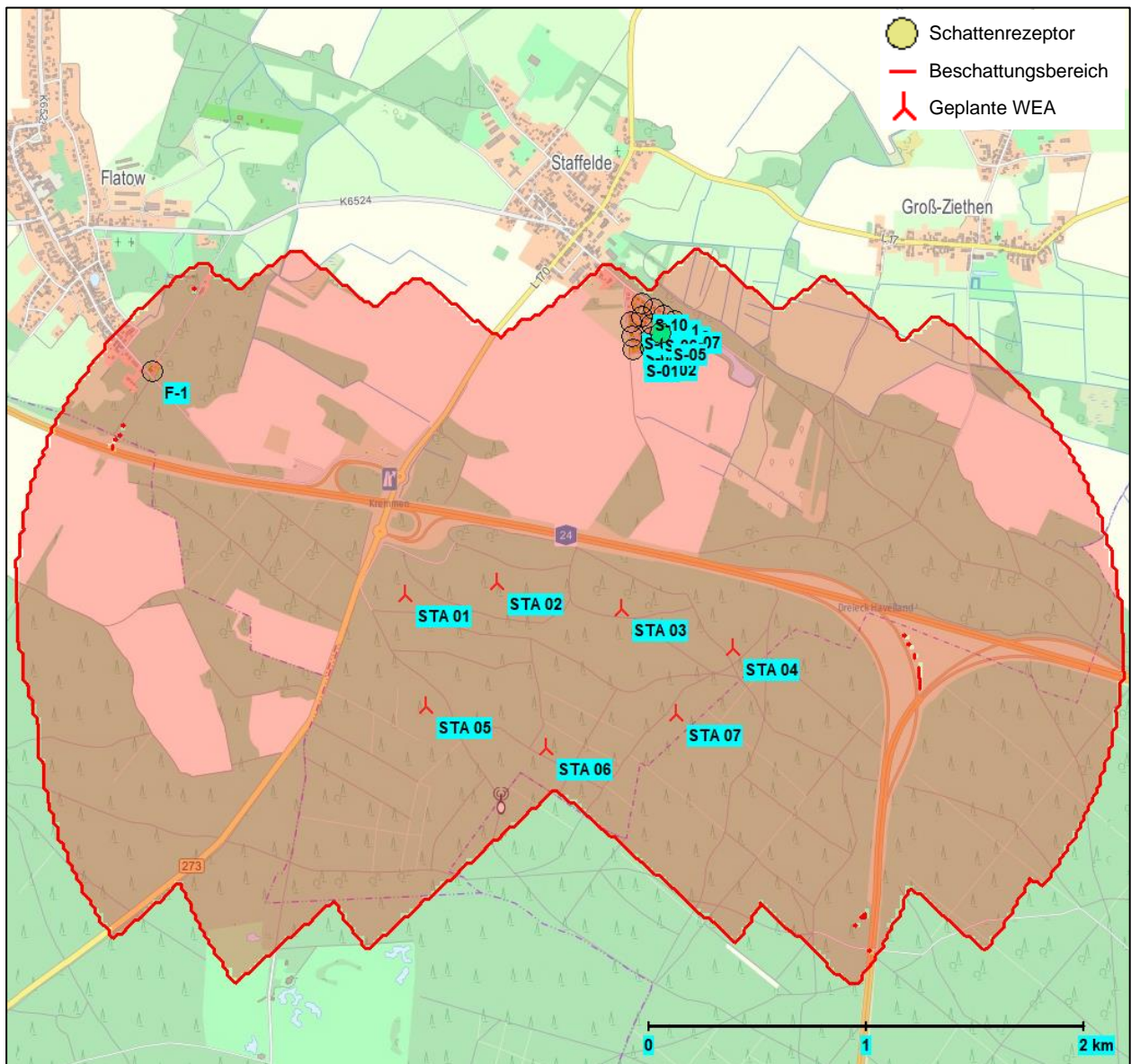
## 2.2 Immissionsorte

Die *Maßgeblichen Immissionsorte* sind nach den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] schutzwürdige Räume sowie bebaubare Freiflächen. Sie werden nach den folgenden Bedingungen ausgewählt:

- Es muss geometrisch möglich sein, dass die Orte von den neu geplanten WEA im Jahresverlauf beschattet werden.
- Die Orte liegen innerhalb des Beschattungsbereichs der neu geplanten WEA nach dem 20 %-Kriterium [4].

Die Grenzen des Beschattungsbereichs nach dem 20%-Kriterium der WKA-Schattenwurfhinweise [2] der geplanten WEA (Zusatzbelastung, „ZB“) sind auf der Karte in Abbildung 2 als rote Linie dargestellt.





**Abbildung 2: Beschattungsbereich der Zusatzbelastung (©GeoBasis-DE)**

Nach diesen Kriterien wurden exemplarisch ausgewählte Häuser als relevante Immissionsorte gewählt. Bei der Standortbesichtigung am 23.02.2024 wurden diese Immissionsorte in Augenschein genommen und dokumentiert.

Die Immissionsorte werden entsprechend den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] im Modell als punktförmige Schatten-Rezeptoren (0,1 m x 0,1 m, horizontale Ausrichtung, 2 m ü. Gr.) nachgebildet, welche Schatten aus allen Richtungen empfangen (Gewächshaus-Modus). Die Lage der Rezeptoren ist in den folgenden Abbildungen eingezeichnet.



Abbildung 3: Lage der Immissionsorte in Flatow (©GeoBasis-DE)



Abbildung 4: Lage der Immissionsorte in Staffelde (©GeoBasis-DE)

## 2.3 Immissionsrichtwerte

Für die Beurteilung der Erheblichkeit der Belästigung durch Schattenwurf [5] [6] wurden in den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] folgende Immissionsrichtwerte festgelegt:

Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (Worst-Case-Betrachtung):

- maximal 30 Stunden Beschattung pro Jahr,
- maximal 30 Minuten Beschattung pro Tag.

Reale jährliche Beschattungsdauer:

- maximal 8 Stunden Beschattung pro Jahr,
- maximal 30 Minuten Beschattung pro Tag.

Überschreiten die Beschattungsdauern die Richtwerte an den Immissionsorten müssen die Anlagen mit einer Schattenabschaltautomatik ausgestattet werden, die die Beschattungsdauer entsprechend den Richtwerten begrenzt. Die in Kapitel 4 dargestellten Beurteilungen und Empfehlungen basieren auf den Richtwerten für astronomisch maximal mögliche Beschattungszeiten.

## 2.4 Windenergieanlagen

Der Antragsteller plant am Standort Staffelde die Errichtung von sieben Windenergieanlagen. Die untersuchten Immissionsorte befinden sich im Beschattungsbereich von keinen weiteren WEA

Die wesentlichen Kenndaten der neu geplanten WEA sind Tabelle 2 zu entnehmen. Der Beschattungsbereich wurde nach dem 20%-Kriterium [2] [7] aus den Rotorblattdaten und der Nabenhöhe ermittelt.



**Tabelle 2: Kenndaten Zusatzbelastung**

| WEA-Nr.       | WEA Typ         | NH    | RD    | max. BT | min. BT | Ø BT | BB    |
|---------------|-----------------|-------|-------|---------|---------|------|-------|
|               |                 | [m]   | [m]   | [m]     | [m]     | [m]  | [m]   |
| <b>STA 01</b> | E-160 EP5 E3 R1 | 166,6 | 160,0 | 4,13    | 1,12    | 2,63 | 1.781 |
| <b>STA 02</b> | E-160 EP5 E3 R1 | 166,6 | 160,0 | 4,13    | 1,12    | 2,63 | 1.781 |
| <b>STA 03</b> | E-160 EP5 E3 R1 | 166,6 | 160,0 | 4,13    | 1,12    | 2,63 | 1.781 |
| <b>STA 04</b> | E-160 EP5 E3 R1 | 166,6 | 160,0 | 4,13    | 1,12    | 2,63 | 1.781 |
| <b>STA 05</b> | E-160 EP5 E3 R1 | 166,6 | 160,0 | 4,13    | 1,12    | 2,63 | 1.781 |
| <b>STA 06</b> | E-160 EP5 E3 R1 | 166,6 | 160,0 | 4,13    | 1,12    | 2,63 | 1.781 |
| <b>STA 07</b> | E-160 EP5 E3 R1 | 166,6 | 160,0 | 4,13    | 1,12    | 2,63 | 1.781 |

NH: Nabenhöhe, RD: Rotordurchmesser, BT: Blatttiefe, BB: Beschattungsbereich

### 3 Schattenwurfberechnungen

#### 3.1 Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer

Für die geplanten WEA wurde die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer an den relevanten Immissionsorten berechnet. Hierbei handelt sich um eine Worst-Case-Betrachtung, d. h. ohne Berücksichtigung von Bewölkung und Stillstandszeiten sowie unter Annahme eines immer zum Sonnenazimut ausgerichteten Rotors (maximale Schattenfläche). Die Berechnungen werden ohne Berücksichtigung der Sichtverschattung durch Bebauung und Bewuchs durchgeführt.

Es wurden folgende Berechnungen durchgeführt:

- Zusatzbelastung (ZB) durch die neu geplanten WEA.

Die Ergebnisse der Berechnungen können der Tabelle 3 entnommen werden. Die fett hervorgehobenen Werte überschreiten die Immissionsrichtwerte nach den WKA-Schattenwurfhinweisen [2]. Die Beschattungszeiten im Tages- und Jahresverlauf können den grafischen Kalendern in Anhang entnommen werden.

**Tabelle 3: Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauern pro Jahr**

| IO          | Name                              | Astron. max. mögl. Beschattungsdauer |             |
|-------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------|
|             |                                   | Std. / Jahr                          | Std. / Tag  |
| F-1         | Flatow, Alte Poststraße 43        | 14:59                                | 0:25        |
| <b>S-01</b> | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 | <b>49:01</b>                         | <b>0:50</b> |
| <b>S-02</b> | Staffelde, An der Trabrennbahn 17 | <b>45:27</b>                         | <b>0:47</b> |
| <b>S-03</b> | Staffelde, An der Trabrennbahn 14 | <b>43:09</b>                         | <b>0:46</b> |
| <b>S-04</b> | Staffelde, An der Windrose 19     | <b>42:56</b>                         | <b>0:49</b> |
| <b>S-05</b> | Staffelde, An der Trabrennbahn 9  | <b>41:01</b>                         | <b>0:45</b> |
| <b>S-06</b> | Staffelde, An der Windrose 7      | <b>39:51</b>                         | <b>0:45</b> |
| <b>S-07</b> | Staffelde, Wolfslaker Weg 7       | <b>37:24</b>                         | <b>0:42</b> |
| <b>S-08</b> | Staffelde, Am Steinberg 7         | <b>33:27</b>                         | <b>0:46</b> |
| <b>S-09</b> | Staffelde, Am Schlosspark 7       | <b>33:35</b>                         | <b>0:44</b> |
| <b>S-10</b> | Staffelde, Am Schloßpark 2        | 24:29                                | <b>0:39</b> |
| <b>S-11</b> | Staffelde, An der Windrose 2      | <b>32:19</b>                         | <b>0:43</b> |
| <b>S-12</b> | Staffelde, An der Trabrennbahn 2  | <b>37:21</b>                         | <b>0:42</b> |

## 3.2 Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer

Die jährlich im Mittel auftretende, meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer ist für die Genehmigung eines Vorhabens zunächst nicht relevant, sie kann jedoch den Behördenvertretern, Anlagenplanern und Betroffenen einen Eindruck über die tatsächliche, durchschnittlich zu erwartende Belastung geben. Zudem enthält sie Hinweise auf mögliche Abschalthäufigkeiten, da i. d. R. die Begrenzung auf die reale Beschattungsdauer von acht Stunden pro Jahr (nach [2], [8]) steuerungstechnisch umgesetzt wird. Sie berücksichtigt statistische Daten zu

- Sonnenscheinwahrscheinlichkeit (mittlere tägliche Sonnenscheinstunden) je Monat, nach Angaben der Sonnenschein-Datenbank für die Station Potsdam
- Betriebswahrscheinlichkeit der WEA je Richtungssektor sowie Rotorschattenstellung, ermittelt aus der sektoralen Windstatistik der DWD-Station Berlin, der Anlaufgeschwindigkeit der WEA und der jeweiligen Lage der Rezeptoren.

Aus den Daten werden zeit- und ortsabhängig differenzierte Wahrscheinlichkeiten des Schattenwurfs berechnet und diese über das Jahr summiert. Da die Berechnung stark von der Qualität der meteorologischen Eingangsdaten abhängt und lokale Gegebenheiten davon abweichen können, sind die Berechnungsergebnisse mit Unsicherheiten von etwa 5-15% behaftet und haben abschätzenden Charakter.

**Tabelle 4: Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauern pro Jahr**

| IO   | Lage                              | Meteorologisch<br>wahrscheinlich<br>[Std./Jahr] |
|------|-----------------------------------|---|
| F-1  | Flatow, Alte Poststraße 43        | 1:56  |
| S-01 | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 | 5:28  |
| S-02 | Staffelde, An der Trabrennbahn 17 | 5:11  |
| S-03 | Staffelde, An der Trabrennbahn 14 | 4:51  |
| S-04 | Staffelde, An der Windrose 19     | 4:42  |
| S-05 | Staffelde, An der Trabrennbahn 9  | 4:37  |
| S-06 | Staffelde, An der Windrose 7      | 4:23  |
| S-07 | Staffelde, Wolfslaker Weg 7       | 4:13  |
| S-08 | Staffelde, Am Steinberg 7         | 3:37  |
| S-09 | Staffelde, Am Schlosspark 7       | 3:39  |
| S-10 | Staffelde, Am Schloßpark 2        | 2:38  |
| S-11 | Staffelde, An der Windrose 2      | 3:31  |
| S-12 | Staffelde, An der Trabrennbahn 2  | 4:06  |

## 4 Bewertung der Ergebnisse

### 4.1 Beurteilung der Berechnungen

Am Windparkstandort Staffelde wurden für 13 Immissionsorte die Beschattungsdauern durch sieben neu geplante WEA entsprechend den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] berechnet. Die Immissionsrichtwerte der Beschattungsdauern betragen maximal 30 Stunden im Jahr und maximal 30 Minuten am Tag.

**IO F-1: An diesem Immissionsort werden alle Richtwerte eingehalten.**

**IO S-01, S-02, S-03, S-04, S-05, S-06, S-07, S-08, S-09, S-10, S-11 und S-12: An diesen Immissionsorten werden die Richtwerte ohne schattenwurfbegrenzende Maßnahmen durch den Einfluss der Zusatzbelastung überschritten.**

**Aufgrund der berechneten Überschreitungen empfehlen wir die Abschaltung der neu geplanten WEA STA 01 und STA 02 über eine Abschaltautomatik zu steuern (siehe grafische Schattenwurfkalender im Anhang).**

**Da die in diesem Gutachten betrachteten Immissionsorte exemplarisch ausgewählt wurden, sollten bei Programmierung der Abschaltautomatik alle Wohnhäuser im schattenkritischen Bereich berücksichtigt werden.**

### 4.2 Hinweise zur Abschaltautomatik

Über die Programmierung einer Abschaltautomatik werden die Windenergieanlagen zu den Uhrzeiten abgeschaltet, zu denen ein durch sie hervorgerufener Schattenwurf an einem Immissionspunkt zu einer (weiteren) Überschreitung der o.g. Immissionsrichtwerte führt.

Abschaltautomatiken sind so zu programmieren, dass alle betroffenen Bereiche (Fenster, Balkon usw.) an allen relevanten Immissionspunkten im schattenkritischen Bereich berücksichtigt werden. In der Regel geschieht dies über die Erfassung betroffener Fassaden. Aus den hier (für punktförmige Rezeptoren) angegebenen Zeiten kann *nicht* direkt abgeleitet werden, wie viele Minuten die betreffende WEA tatsächlich abgeschaltet werden muss. Betroffene Gebäudebereiche mit nur seltener oder kurzzeitiger räumlicher Nutzung (z. B. Abstellräume, Toiletten o. ä.) sind in

der Regel nicht zu berücksichtigen. Schlafräume, Wohnräume oder Küchen dagegen sind im Allgemeinen zu den fraglichen Tageszeiten wesentliche Aufenthaltsorte der Bewohner.

Das erlaubte Kontingent der tatsächlich auftretenden Beschattungszeit (unter Berücksichtigung von Bewölkungsereignissen mit diffusem oder keinem Schattenwurf) pro Immissionsort beträgt 8 Std. / Jahr [2], welches über einen zusätzlichen Bestrahlungsstärkesensor erfasst und berücksichtigt werden kann, jedoch in diesem Gutachten nicht bewertet wird. Der Sensor bewirkt einen Weiterbetrieb der Anlagen bei Umgebungshelligkeiten, in denen kein Schattenwurf auftritt (z. Bsp. bei  $I < 120 \text{ W/m}^2$ ). Darüber hinaus können sichtverschattende Objekte wie dauerhafter Bewuchs, Nebengebäude usw. einen Schattenwurf verhindern, wodurch auf eine Abschaltung für das jeweilige Gebäude verzichtet werden kann. Dies kann am einfachsten nach Errichtung der Anlage mit entsprechenden Fotos dokumentiert und berücksichtigt werden.

### 4.3 Genauigkeit der Prognose

Den Berechnungen nach den Vorgaben der WKA-Schattenwurfhinweise [2] wird ein Worst-Case-Szenario zugrunde gelegt. In diesem Sinne wird die astronomisch maximal mögliche Beschattung zur Beurteilung herangezogen sowie keine lichtundurchlässigen Hindernisse, die den periodischen Schattenwurf von WEA begrenzen, berücksichtigt. Als Basis für die Bestimmung der Position der Immissionsorte dient Kartenmaterial, das auf den Gebäudeumringen des amtlichen Liegenschaftskataster Deutschland (ALKIS) basiert [9]. Das zugrunde gelegte Höhenmodell entspricht dem DGM 5 Brandenburg. Damit ist eine Grundgenauigkeit der in eine Prognose eingehenden geometrischen Parameter von mindestens  $\pm 5 \text{ m}$  gewährleistet. Die Schattenwurfzeiten werden mit einer Genauigkeit von 1 min pro Tag ausgewiesen. Insgesamt wird damit der geforderten Grundgenauigkeit der in eine Prognose eingehenden geometrischen Parameter (vgl. WKA-Schattenwurfhinweise [2]) entsprochen. Basierend auf der Grundgenauigkeit der Eingangsdaten kann die Unsicherheit bei der Berechnung der Beschattungszeiten mit durchschnittlich  $\pm 1 \%$  angegeben werden [10].

## 5 Quellenverzeichnis

- [1] Norm, „DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien,“ 2018.
- [2] LAI, Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen Aktualisierung 2019 (WKA-Schattenwurfhinweise), Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), 23.01.2020.
- [3] EMD, Software windPRO, Modul SHADOW, 9220 Aalborg (DK): EMD International A/S, jeweils aktuellste Version.
- [4] SUA, Ergebnisprotokoll des 3. Fachgesprächs vom 19.11.1999 über Umwelteinwirkungen von Windenergieanlagen, Schleswig: Staatliches Umweltamt Schleswig, 1999.
- [5] J.Pohl, F.Faul,R.Mausfeld, Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Feldstudie, Kiel: Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 31.07.1999.
- [6] J.Pohl, F.Faul, R.Mausfeld, Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Laborpilotstudie, Kiel: Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität, 15.05.2000.
- [7] H. D. Freund, Die Reichweite des Schattenwurfs von Windkraftanlagen, Umweltforschungsbank UFORDAT, Juni 1999.
- [8] H. D. Freund, Effektive Einwirkzeit  $T_w$  des Schattenwurfs bei  $T_{max} = 30$  h/Jahr, Kiel: Institut für Physik und Allgemeine Elektrotechnik, Fachhochschule Kiel, 24.01.2001.
- [9] geoGLIS\_oHG, *onmaps GEOBasis-DE / BKG / NRW*, aktuelle Version.
- [10] Ramboll, Interne Analyse zur Sensitivität der Berechnungsergebnisse bezüglich der Genauigkeit der Positionsdaten, 2021-11.
- [11] MagicMaps, Tour Explorer DE 8 - amtliche topografische Karten im Maßstab 1:50.000 - Export, MTS Maschinenteknik Schrode AG | Gerhard-Kindler-Straße 8 | 72770 Reutlingen: Quelle der Karten: amtliche Vermessungsämter, 12.06.2018.
- [12] Landesvermessungsamt des jeweiligen Bundeslandes, Topografische Karte im Maßstab 1:25.000, aktuellste Version.

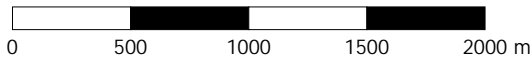
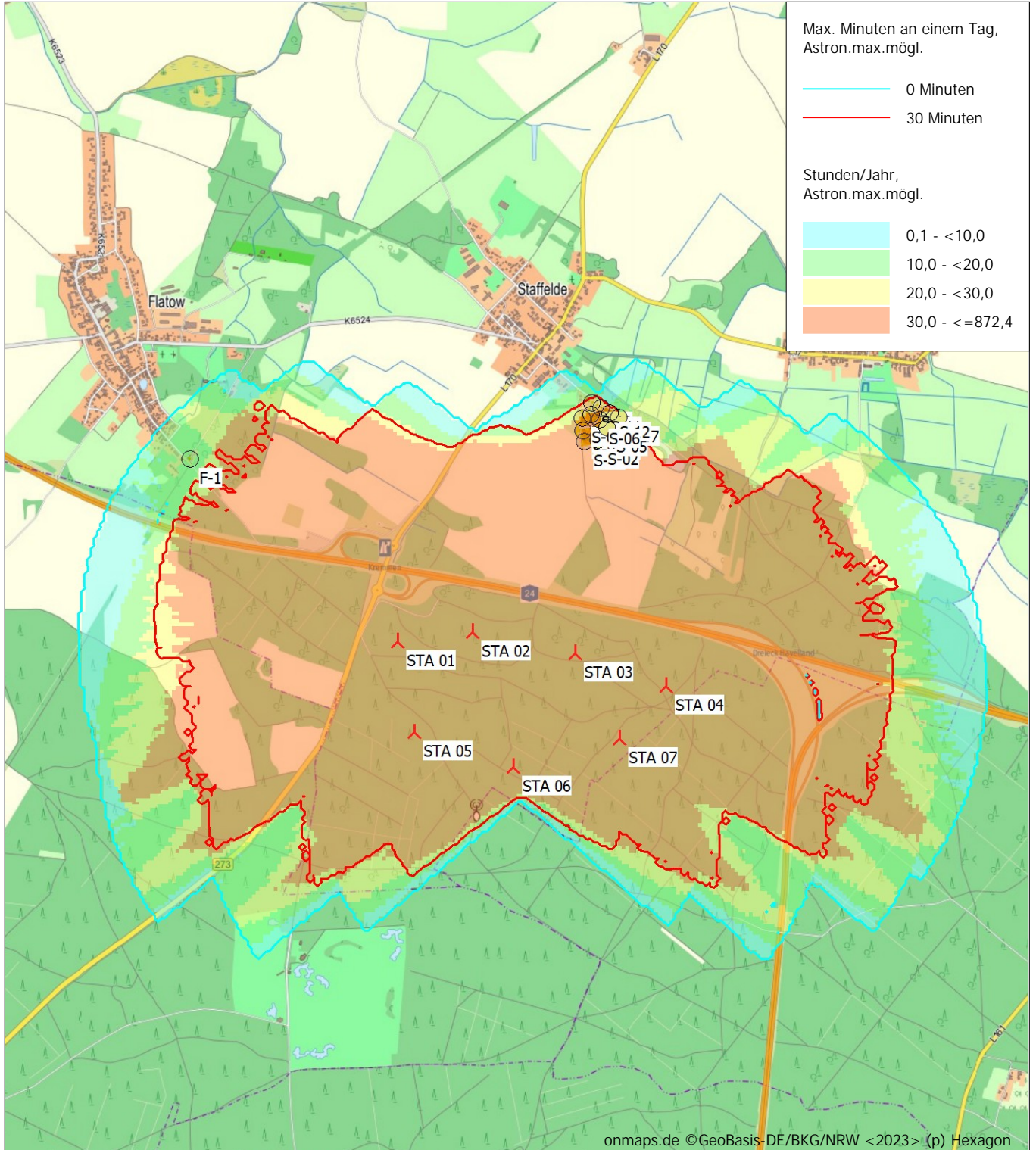
## 6 Anhang

- Beschattungskarten für den Windparkstandort Staffelde
  - Zusatzbelastung
- Berechnungsergebnisse der Beschattungsdauern an den Immissionsorten
  - Zusatzbelastung:
    - Hauptergebnis
    - grafische Kalender
- Akkreditierung
- Theoretische Grundlagen



### SHADOW - Karte

Berechnung: Zusatzbelastung 002



Karte: onmaps, Maßstab 1:32.000, Mitte: UTM (north)-ETRS89 Zone: 33 Ost: 364.228 Nord: 5.842.759

Neue WEA

Schattenrezeptor

Höhe der Schattenkarte: BB DGM 5

Zeitschritt: 3 Minuten, Schrittweite: 7 Tag(e), Kartenaufösung: 20 m, Sichtbarkeit Auflösung: 10 m, Augenhöhe: 1,5 m



Schiffbauerdamm 1  
10117 Berlin

Jonas Feja / jonas.feja@ramboll.com  
Berechnet: 07.05.2024 09:17/4.0.540

### SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung 002  
Annahmen für Schattenwurfberechnung

Beschattungsbereich der WEA  
Schatten nur relevant, wo Rotorblatt mind. 20% der Sonne verdeckt  
Siehe WEA-Tabelle

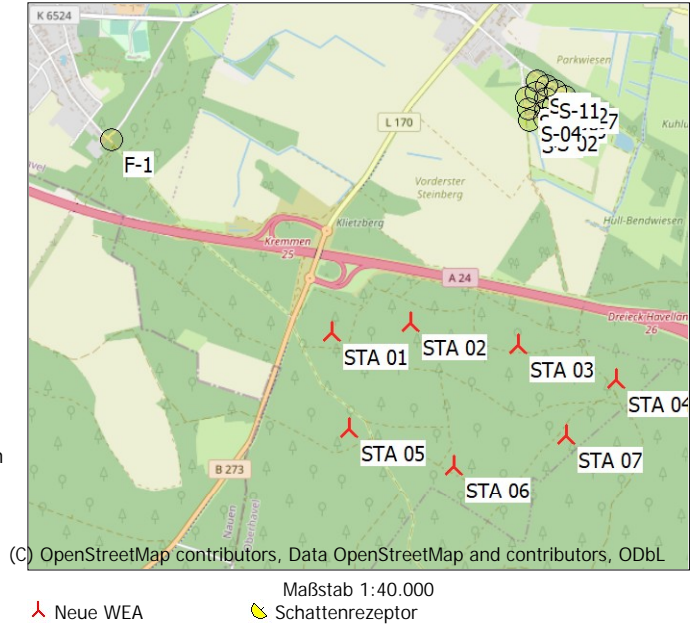
Minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont 3 °  
Tage zwischen Berechnungen 1 Tag(e)  
Berechnungszeitsprung 1 Minuten

Sonnenscheinwahrscheinlichkeit S (Mittlere tägliche Sonnenstunden) [POTSDAM]  
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez  
1,56 2,60 3,92 5,75 7,42 7,51 7,59 7,27 5,27 3,77 1,84 1,30

Betriebsdauer je Sektor  
N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW Summe  
503 461 495 700 751 614 589 674 836 1.143 1.058 708 8.532

Monatliche Aggregation der met. wahrsch. Reduzierung  
Eine WEA wird nicht berücksichtigt, wenn sie von keinem Teil der Rezeptorfläche aus sichtbar ist. Die Sichtbarkeitsberechnung basiert auf den folgenden Annahmen:  
Verwendete Höhenlinien: BB DGM 5  
Rasterauflösung: 1,0 m

Alle Koordinatenangaben in:  
UTM (north)-ETRS89 Zone: 33  
WEA



| WEA-Id | Ost     | Nord      | Z    | Beschreibung             | WEA-Typ |            |                       | Nennleistung [kW] | Rotor-durchmesser [m] | NH [m] | Schattendaten         |               |
|--------|---------|-----------|------|--------------------------|---------|------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|--------|-----------------------|---------------|
|        |         |           |      |                          | Aktuell | Hersteller | Typ                   |                   |                       |        | Beschatt.-Bereich [m] | U/min [U/min] |
| STA 01 | 363.467 | 5.842.335 | 49,0 | ENERCON E-160 EP5 E3 ... | Ja      | ENERCON    | E-160 EP5 E3 R1-5.560 | 5.560             | 160,0                 | 166,6  | 1.781                 | 9,6           |
| STA 02 | 363.889 | 5.842.377 | 51,8 | ENERCON E-160 EP5 E3 ... | Ja      | ENERCON    | E-160 EP5 E3 R1-5.560 | 5.560             | 160,0                 | 166,6  | 1.781                 | 9,6           |
| STA 03 | 364.460 | 5.842.243 | 48,2 | ENERCON E-160 EP5 E3 ... | Ja      | ENERCON    | E-160 EP5 E3 R1-5.560 | 5.560             | 160,0                 | 166,6  | 1.781                 | 9,6           |
| STA 04 | 364.969 | 5.842.046 | 48,3 | ENERCON E-160 EP5 E3 ... | Ja      | ENERCON    | E-160 EP5 E3 R1-5.560 | 5.560             | 160,0                 | 166,6  | 1.781                 | 9,6           |
| STA 05 | 363.548 | 5.841.822 | 52,5 | ENERCON E-160 EP5 E3 ... | Ja      | ENERCON    | E-160 EP5 E3 R1-5.560 | 5.560             | 160,0                 | 166,6  | 1.781                 | 9,6           |
| STA 06 | 364.096 | 5.841.613 | 49,6 | ENERCON E-160 EP5 E3 ... | Ja      | ENERCON    | E-160 EP5 E3 R1-5.560 | 5.560             | 160,0                 | 166,6  | 1.781                 | 9,6           |
| STA 07 | 364.699 | 5.841.755 | 50,3 | ENERCON E-160 EP5 E3 ... | Ja      | ENERCON    | E-160 EP5 E3 R1-5.560 | 5.560             | 160,0                 | 166,6  | 1.781                 | 9,6           |

### Schattenrezeptor-Eingabe

| Nr.  | Name                              | Ost     | Nord      | Z    | Breite | Höhe | Höhe ü.Gr. | Neigung des Fensters | Ausrichtungsmodus   | Augenhöhe (ZVI) ü.Gr. |
|------|-----------------------------------|---------|-----------|------|--------|------|------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| F-1  | Flatow, Alte Poststraße 43        | 362.334 | 5.843.388 | 45,9 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| S-01 | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 | 364.550 | 5.843.426 | 44,2 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| S-02 | Staffelde, An der Trabrennbahn 17 | 364.627 | 5.843.430 | 44,3 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| S-03 | Staffelde, An der Trabrennbahn 14 | 364.635 | 5.843.478 | 44,6 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| S-04 | Staffelde, An der Windrose 19     | 364.542 | 5.843.487 | 44,5 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| S-05 | Staffelde, An der Trabrennbahn 9  | 364.677 | 5.843.499 | 44,6 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| S-06 | Staffelde, An der Windrose 7      | 364.637 | 5.843.542 | 44,6 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| S-07 | Staffelde, Wolfsaker Weg 7        | 364.742 | 5.843.552 | 44,7 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| S-08 | Staffelde, Am Steinberg 7         | 364.540 | 5.843.553 | 44,4 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| S-09 | Staffelde, Am Schlosspark 7       | 364.590 | 5.843.574 | 44,5 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| S-10 | Staffelde, Am Schloßpark 2        | 364.595 | 5.843.638 | 44,6 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| S-11 | Staffelde, An der Windrose 2      | 364.647 | 5.843.608 | 44,4 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |
| S-12 | Staffelde, An der Trabrennbahn 2  | 364.694 | 5.843.579 | 44,5 | 0,1    | 0,1  | 2,0        | 0,0                  | "Gewächshaus-Modus" | 2,0                   |

### Berechnungsergebnisse

| Nr.  | Name                              | astron. max. mögl. Beschattungsdauer |                         |                             | met. wahrsch. Beschattungsdauer |  |
|------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--|
|      |                                   | Stunden/Jahr [h/a]                   | Schattentage/Jahr [d/a] | Max.Schattendauer/Tag [h/d] | Stunden/Jahr [h/a]              |  |
| F-1  | Flatow, Alte Poststraße 43        | 14:59                                | 46                      | 0:25                        | 1:56                            |  |
| S-01 | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 | 49:01                                | 80                      | 0:50                        | 5:28                            |  |
| S-02 | Staffelde, An der Trabrennbahn 17 | 45:27                                | 82                      | 0:47                        | 5:11                            |  |

(Fortsetzung nächste Seite)...

Projekt:

18-1-3061

EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Beschreibung:

Windpark Staffelde, Stadt Kremmen, Landkreis Oberhavel, Brandenburg

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH Elisabeth-Consbruch-Straße 3 DE-34131 Kassel



Schiffbauerdamm 1 10117 Berlin

Jonas Feja / jonas.feja@ramboll.com Berechnet: 07.05.2024 09:17/4.0.540

### SHADOW - Hauptergebnis

Berechnung: Zusatzbelastung 002

...(Fortsetzung von vorheriger Seite)

| Nr.  | Name                              | astron. max. mögl. Beschattungsdauer |                         |                             | met. wahrsch. Beschattungsdauer |  |
|------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--|
|      |                                   | Stunden/Jahr [h/a]                   | Schattentage/Jahr [d/a] | Max.Schattendauer/Tag [h/d] | Stunden/Jahr [h/a]              |  |
| S-03 | Staffelde, An der Trabrennbahn 14 | 43:09                                | 78                      | 0:46                        | 4:51                            |  |
| S-04 | Staffelde, An der Windrose 19     | 42:56                                | 72                      | 0:49                        | 4:42                            |  |
| S-05 | Staffelde, An der Trabrennbahn 9  | 41:01                                | 78                      | 0:45                        | 4:37                            |  |
| S-06 | Staffelde, An der Windrose 7      | 39:51                                | 72                      | 0:45                        | 4:23                            |  |
| S-07 | Staffelde, Wolfslaker Weg 7       | 37:24                                | 76                      | 0:42                        | 4:13                            |  |
| S-08 | Staffelde, Am Steinberg 7         | 33:27                                | 64                      | 0:46                        | 3:37                            |  |
| S-09 | Staffelde, Am Schlosspark 7       | 33:35                                | 64                      | 0:44                        | 3:39                            |  |
| S-10 | Staffelde, Am Schloßpark 2        | 24:29                                | 58                      | 0:39                        | 2:38                            |  |
| S-11 | Staffelde, An der Windrose 2      | 32:19                                | 64                      | 0:43                        | 3:31                            |  |
| S-12 | Staffelde, An der Trabrennbahn 2  | 37:21                                | 70                      | 0:42                        | 4:06                            |  |

#### Gesamtdauer Beschattung an Rezeptoren pro WEA

| Nr.    | Name  | Maximal [h/a] | Erwartet [h/a] |
|--------|---|---------------|----------------|
|        |   |               |                |
| STA 02 | ENERCON E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0 !O! NH: 166,6 m (Ges:246,6 m) (39) | 44:09         | 4:46           |
| STA 03 | ENERCON E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0 !O! NH: 166,6 m (Ges:246,6 m) (40) | 0:00          | 0:00           |
| STA 04 | ENERCON E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0 !O! NH: 166,6 m (Ges:246,6 m) (41) | 0:00          | 0:00           |
| STA 05 | ENERCON E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0 !O! NH: 166,6 m (Ges:246,6 m) (42) | 0:00          | 0:00           |
| STA 06 | ENERCON E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0 !O! NH: 166,6 m (Ges:246,6 m) (43) | 0:00          | 0:00           |
| STA 07 | ENERCON E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0 !O! NH: 166,6 m (Ges:246,6 m) (44) | 0:00          | 0:00           |

Summen in Rezeptortabelle und WEA-Tabelle können sich unterscheiden, da eine WEA gleichzeitig an zwei oder mehr Rezeptoren Beschattung verursachen kann und/oder ein Rezeptor gleichzeitig von zwei oder mehr WEA beschattet werden kann.

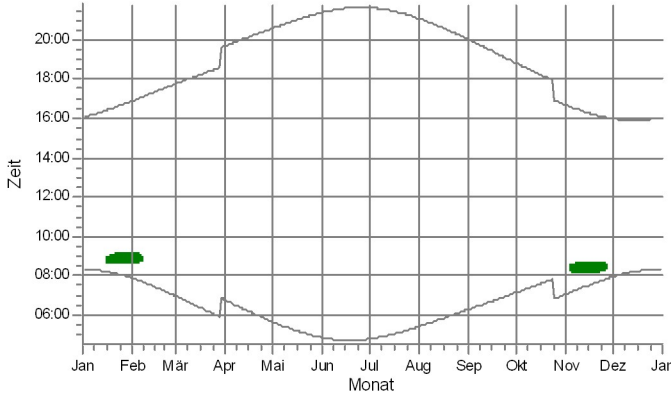
Die Berechnung der Gesamtsumme für einen Rezeptor arbeitet mit einer gemittelten Richtungskorrektur für alle WEA, die an einem gegebenen Tag zur Beschattung beitragen. Wenn der Schattenwurf durch mehrere WEA an einem Tag nicht gleichzeitig stattfindet, kann die so ermittelte Summe geringfügig von der Summe der Beschattungszeiten abweichen, die für die individuellen WEA berechnet werden.



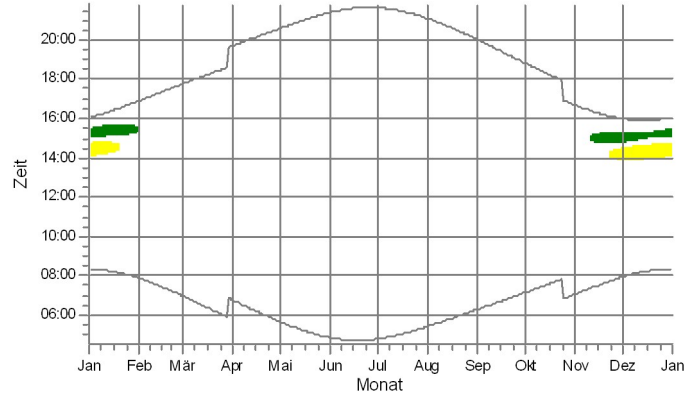
### SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Zusatzbelastung 002

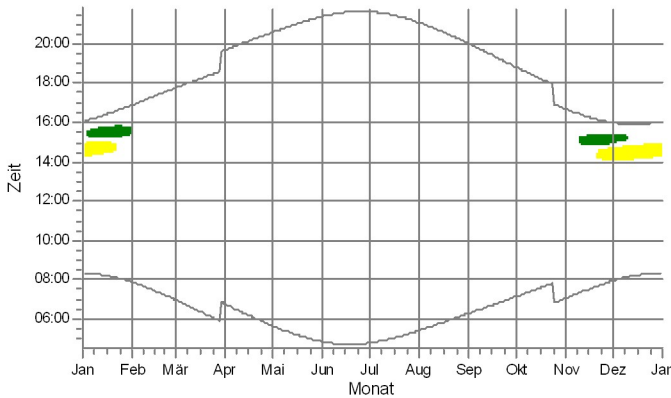
F-1: Flatow, Alte Poststraße 43



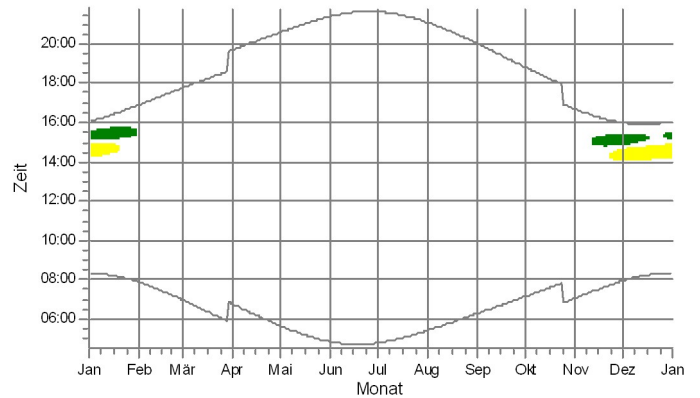
S-01: Staffelde, An der Trabrennbahn 25



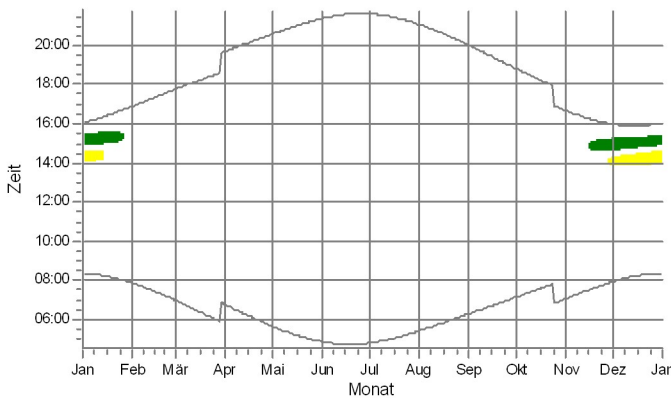
S-02: Staffelde, An der Trabrennbahn 17



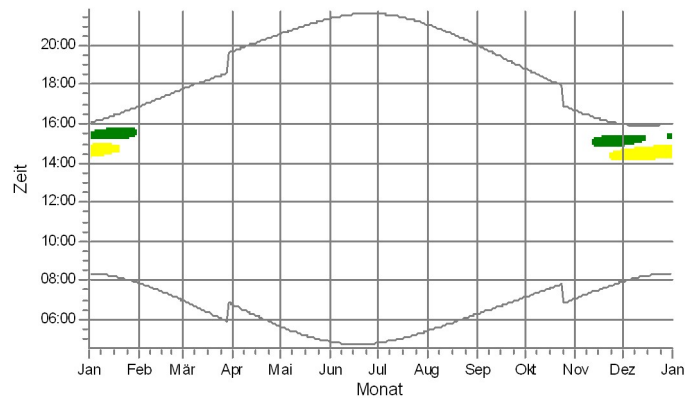
S-03: Staffelde, An der Trabrennbahn 14



S-04: Staffelde, An der Windrose 19



S-05: Staffelde, An der Trabrennbahn 9



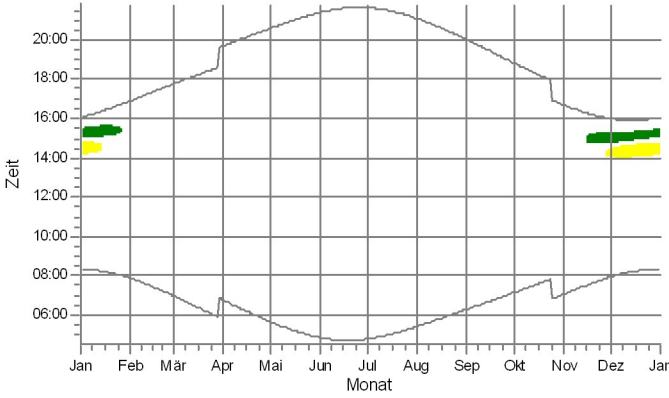
WEA

- STA 01: ENERCON E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0 !O! NH: 166,6 m (Ges:246,6 m) (38)
- STA 02: ENERCON E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0 !O! NH: 166,6 m (Ges:246,6 m) (39)

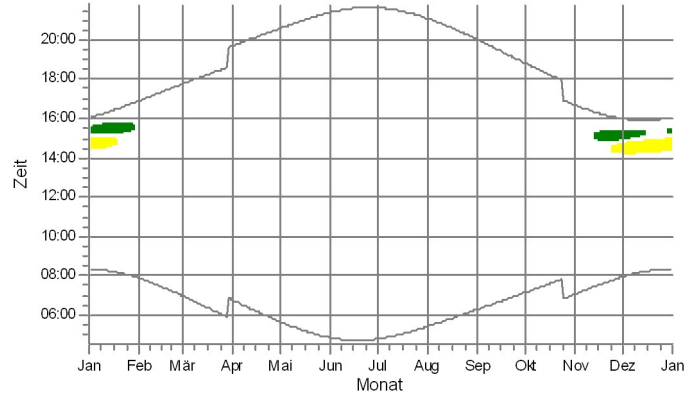
### SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Zusatzbelastung 002

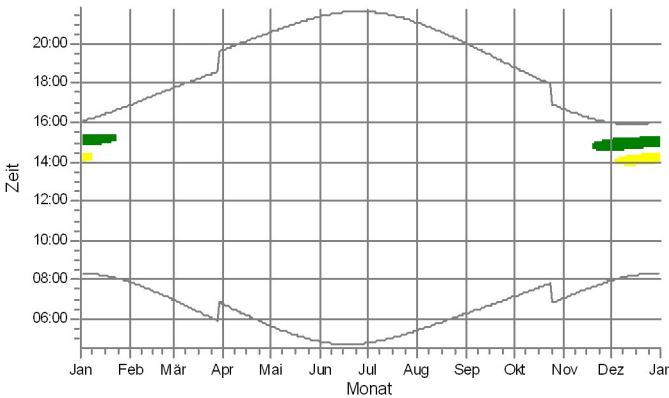
S-06: Staffelde, An der Windrose 7



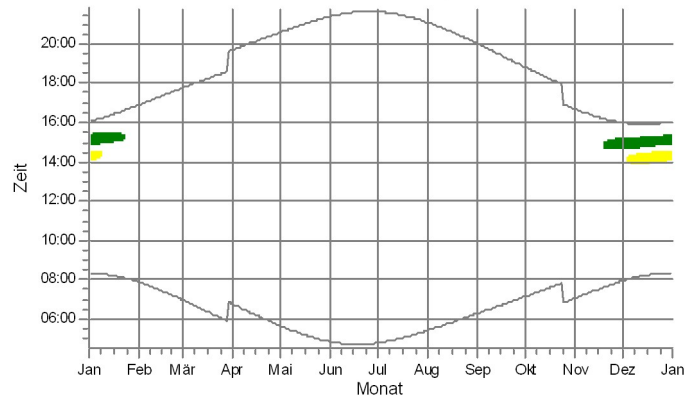
S-07: Staffelde, Wolfslaker Weg 7



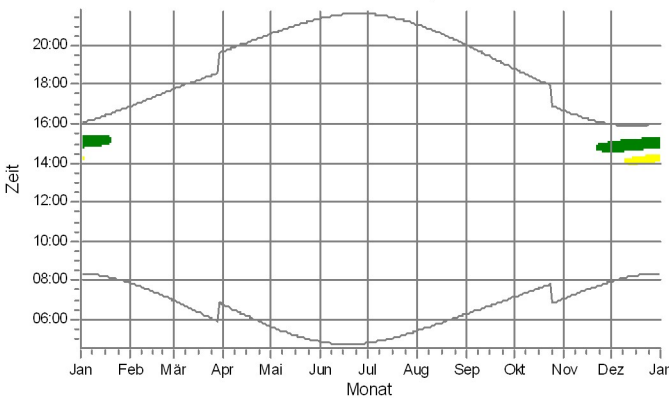
S-08: Staffelde, Am Steinberg 7



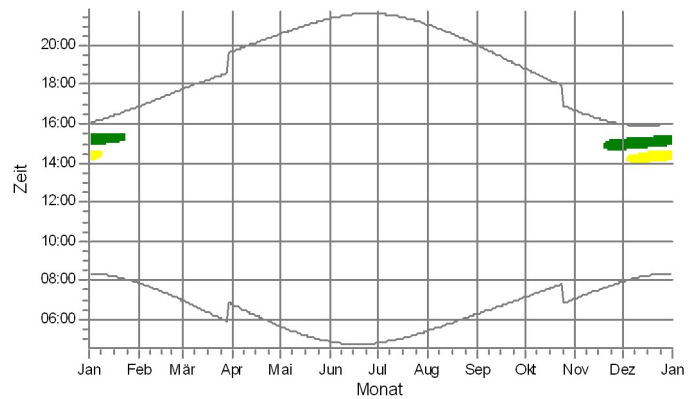
S-09: Staffelde, Am Schlosspark 7



S-10: Staffelde, Am Schloßpark 2



S-11: Staffelde, An der Windrose 2



WEA

- STA 01: ENERCON E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0 !O! NH: 166,6 m (Ges:246,6 m) (38)
- STA 02: ENERCON E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0 !O! NH: 166,6 m (Ges:246,6 m) (39)

Projekt:

18-1-3061

EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Beschreibung:

Windpark Staffelde, Stadt  
Kremmen, Landkreis Oberhavel,  
Brandenburg

Lizenzierter Anwender:

Ramboll Deutschland GmbH  
Elisabeth-Consbruch-Straße 3  
DE-34131 Kassel



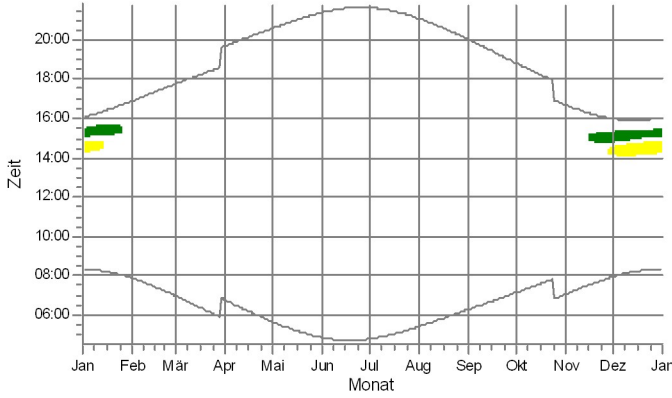
Schiffbauerdamm 1  
10117 Berlin

Jonas Feja / jonas.feja@ramboll.com  
Berechnet:  
07.05.2024 09:17/4.0.540

### SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Zusatzbelastung 002

S-12: Staffelde, An der Trabrennbahn 2



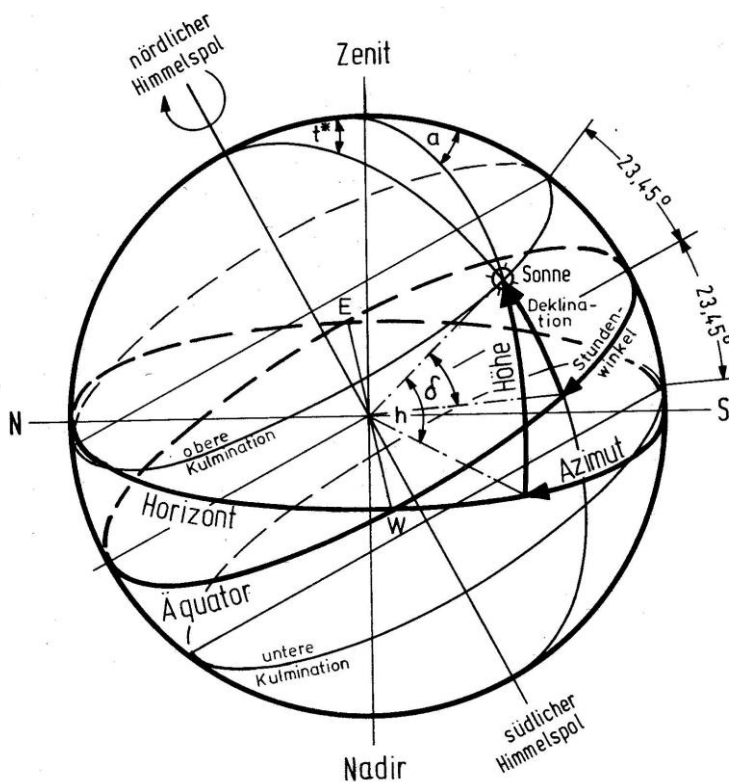
WEA

- STA 01: ENERCON E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0 !O! NH: 166,6 m (Ges:246,6 m) (38)
- STA 02: ENERCON E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0 !O! NH: 166,6 m (Ges:246,6 m) (39)

# Theoretische Grundlagen

## 1 Sonnenstand

Der Sonnenstand bildet die Grundlage für die Berechnung des Schattenwurfs. Der Stand der Sonne am Firmament ist im Wesentlichen von der geographischen Position sowie von der Tages- und der Jahreszeit abhängig, wobei die Erdrotation, die Neigung der Erdachse und der elliptischen Laufbahn der Erde um die Sonne berücksichtigt werden.



**Abbildung 1: Winkelzusammenhänge des Sonnenstands an einem Betrachtungspunkt**

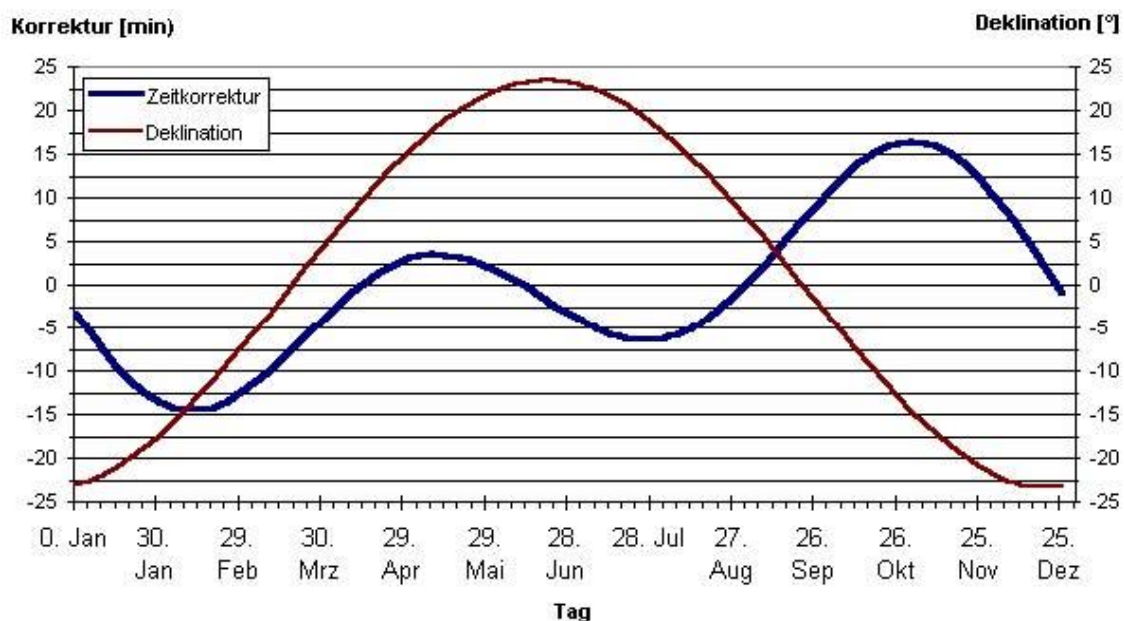
Mit diesen Daten werden die Deklination  $\delta$ , der Stundenwinkel  $\omega$ , die Sonnenhöhe  $h$ , der Azimut  $\gamma$  sowie der Sonnenauf- und -untergang  $t_a$  und  $t_u$  berechnet. Die Begriffe bedeuten:

- **Deklination  $\delta$ :** Jahrgang der Sonne. Winkel, in welchem sich die Sonne im Verlauf der Jahreszeiten über den Zenit am Äquator in südlicher und nördlicher Richtung hin- und herbewegt. [Winteranfang (21.12.)  $-23,45^\circ$ ; Sommeranfang (21.6.)  $23,45^\circ$ ; Herbst- (23.9.) und Frühlingsanfang (21.3.)  $0^\circ$ ]
- **Sonnenhöhe  $h$ :** Einfallswinkel der Sonne gegenüber einer horizontalen Fläche.



- **Stundenwinkel  $\omega$ :** Winkel zwischen dem Sonnenhöchststand und der aktuellen Sonneneinstrahlung.
- **Azimet  $\gamma$ :** Winkel zwischen der Südrichtung und dem auf die horizontale Ebene projizierten Sonnenstand.
- **Sonnenaufgang  $t_a$ , Sonnenuntergang  $t_u$ :** Aufgang/Untergang in dem Moment, wenn der Sonnenmittelpunkt über der horizontalen Fläche morgens/abends am Horizont sichtbar/verdeckt wird.

Die Berechnungen berücksichtigen die sich verändernde Tageslänge von einem zum nächsten Sonnenhöchststand, die aufgrund der elliptischen Umlaufbahn der Erde um die Sonne um bis zu 16 Minuten variiert. In Abbildung 2 ist die Abweichung (Zeitkorrektur) der Tagesdauer von einem 24-Stunden Tag sowie die Deklination über ein Jahr dargestellt.



**Abbildung 2: Zeitkorrektur und Deklination über ein Jahr**

Da die Ergebnisse nicht nur für ein Jahr gültig sein sollen, wird in den Berechnungen die Zahl der Tage pro Jahr auf 365,25 Tage gemittelt. Dadurch können sich die Ergebnisse innerhalb eines Zeitraums von vier Jahren um bis zu einem Tag verschieben.

## 2 Schattenwurf von WEA

### 2.1 Beschattungsbereich

Periodischer Schattenwurf wird durch die sich bewegenden Rotorblätter einer WEA erzeugt. Der Bereich, in dem der periodische Schattenwurf einer WEA untersucht werden muss (*Beschattungsbereich*), ist definiert als der Bereich, von dem aus die Sonnenscheibe mehr als 20 % durch das Rotorblatt verdeckt wird. Wird durch ein Rotorblatt weniger als 20 % der Sonnenscheibe verdeckt, so ist der dadurch entstehende Helligkeitswechsel wenig wahrnehmbar und nicht mehr relevant. Da die Breite eines Rotorblatts nicht über die ganze Länge konstant ist, wird, um den Beschattungsbereich zu berechnen, ersatzweise ein rechteckiges Rotorblatt mit einer mittleren Blattiefe ermittelt und zugrunde gelegt. Abbildung 3 zeigt den Verlauf der Schattenintensität bei einem typischen Rotorblatt von rund 63 m Länge in Abhängigkeit von der Entfernung.

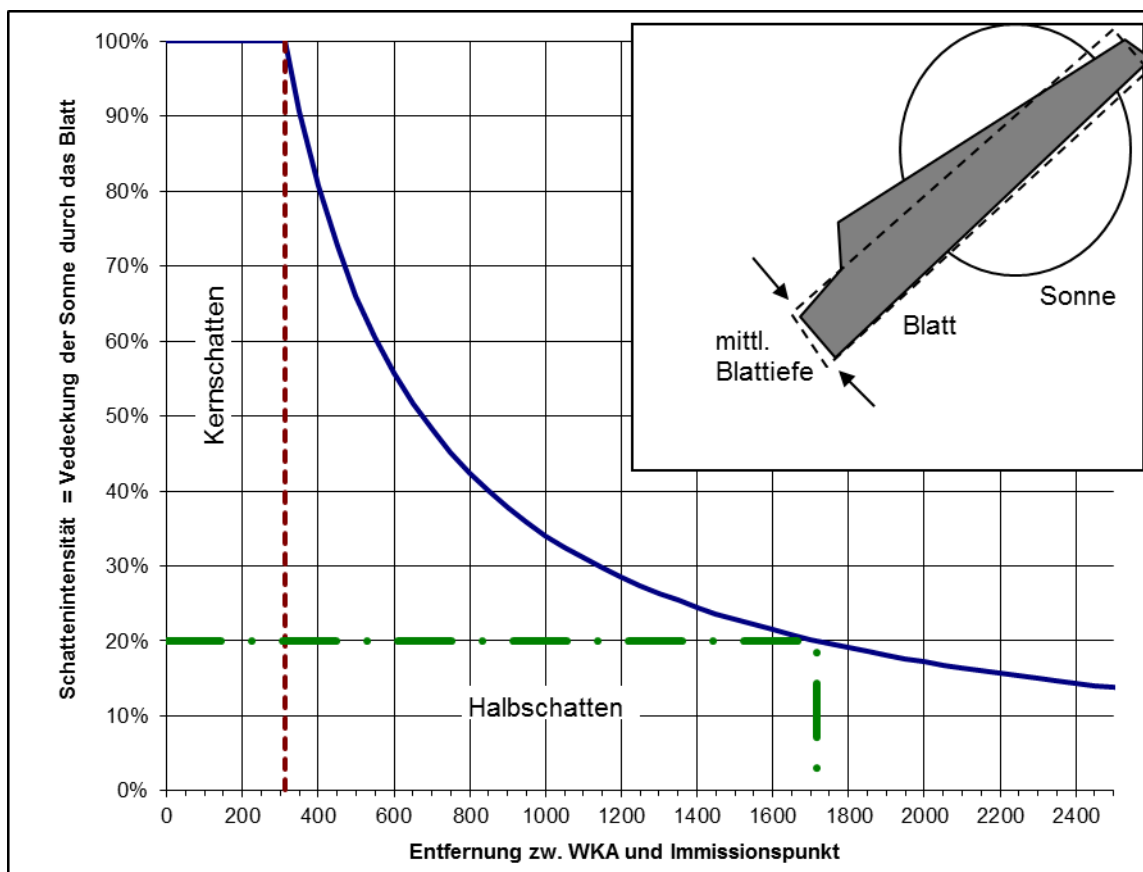


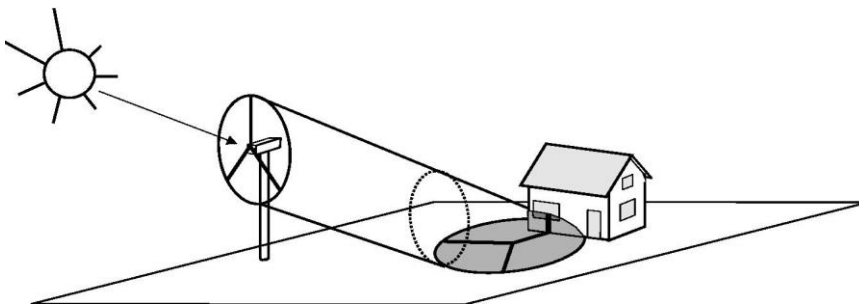
Abbildung 3: Schattenintensität in Abhängigkeit von Rotorblatttiefe und Entfernung



## 2.2 Schattenverlauf und Berechnung der Beschattungsdauern

Der Verlauf des periodischen Schattenwurfs wird über den Sonnenstand, den Standort bzw. die Standorte der WEA und die Lage der maßgeblichen Immissionsorte ermittelt. Dazu sind die folgenden Daten notwendig:

- die Positionen der WEA und der Immissionsorte (Koordinaten, Höhe über N.N., Genauigkeit +/- 5 m)
- Ausmaße der WEA (Nabenhöhe, Rotorradius und Rotorblatttiefe)

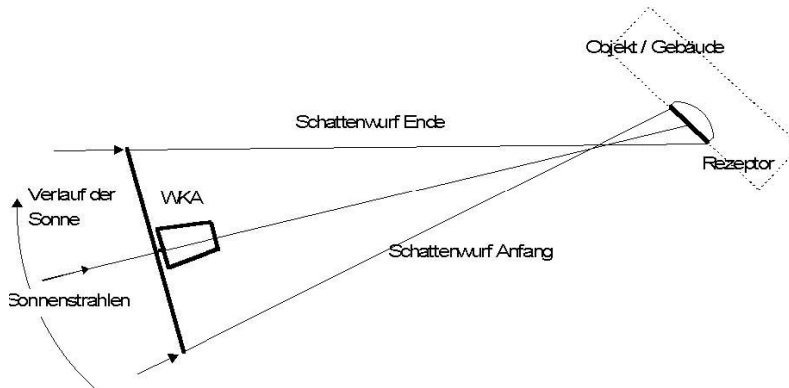


**Abbildung 4: Schattenwurf des Rotors**

Zur Ermittlung des Schattenwurfs an einem Immissionsort wird dort ein virtueller Schattenrezeptor mit den Ausmaßen der zu untersuchenden Fläche platziert. Bei der Simulation des Sonnenstands über ein Jahr registriert der virtuelle Rezeptor den Schattenwurf in diesem Zeitraum (Abbildung 5). Die Simulation des Verlaufs der Sonne wird mit der Software windPRO (Modul SHADOW) (1) mit einer minütlichen Auflösung von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang über das ganze Jahr durchgeführt. Unter Berücksichtigung einer minimalen Sonnenhöhe, der Koordinaten, der Lage und der Größe des Rezeptors sowie der WEA-Daten, wird so über die Simulation ermittelt, ob am Rezeptor ein Schattenwurf durch eine oder mehrere Windenergieanlagen auftritt. Tritt ein Schlagschatten auf, werden für diesen das Datum, der Beginn, das Ende und die Dauer sowie die verursachende WEA des Schattens angegeben (siehe die Kalender zu jedem Schattenrezeptor). Daraus werden wiederum über ein ganzes Jahr die Anzahl der Schattentage und die gesamte Schattenwurfdauer berechnet.

Der Schattenwurf für Sonnenstände unter 3° Erhöhung über Horizont kann wegen Bewuchs, Bebauung und der zu durchdringenden Atmosphärenschichten in ebenem Gelände vernachlässigt werden. Ob hier auch ein höherer Wert angesetzt werden kann, hängt von der Orographie, der Bebauung und dem Bewuchs um den WEA-Standort ab und muss im Einzelnen evtl. dann genauer untersucht werden, wenn davon auszugehen ist, dass durch die Gegebenheiten vor Ort

eine wesentliche Reduktion der Beeinträchtigung zu erwarten ist.



**Abbildung 5: Schattenbeziehung WEA – Gebäude (Draufsicht)**

## 2.3 Richtlinien

Die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) (2) hat die federführend vom staatlichen Umweltamt Schleswig unter Mitarbeit von Fachleuten (3) (4) (5) (6), Gutachtern (u.a. auch der Ramboll Deutschland GmbH), Gewerbeaufsichtsämtern und Weiteren erarbeiteten Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WKA-Schattenwurfhinweise) im Jahr 2002 als Standard anerkannt. Die WKA-Schattenwurfhinweise enthalten folgende Anhaltswerte:

- Die Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (worst case) an einem Immissionsort darf maximal 30 Stunden im Jahr und maximal 30 Minuten am Tag betragen.
- Ein Schattenwurf bei einem Sonnenstand unter  $3^\circ$  ist nicht zu berücksichtigen.
- Der Beschattungsbereich ist der Bereich, in dem die Sonnenscheibe zu mehr als 20 % durch das Rotorblatt verdeckt ist.
- Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen, wird die Berechnung des Schattenwurfs für einen punktförmigen Rezeptor (in der Simulation:  $0,1 \times 0,1 \text{ m}$ ) in 2 m Höhe am Immissionsort empfohlen.
- Darüber hinaus sollen zusätzlich die realen (bzw. meteorologisch statistisch auftretenden) Schattenwurfzeiten (unter Berücksichtigung von Sonnenscheinwahrscheinlichkeit, Windrichtungsverteilung und Stillstandszeiten), bezogen auf ein Fenster von üblichen Ausmaßen, angegeben werden; überschreiten diese einen Immissionsrichtwert von 8 Stunden, so ist der darüber hinausgehende Schattenwurf zu unterbinden.

## 2.4 Wahrscheinlichkeitsbetrachtung

Um aus der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer (Worstcase) die meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer zu ermitteln, fließen statistische Daten zur Sonnenscheinwahrscheinlichkeit, zu den Betriebsstunden der WEA und zur Windrichtung in die Berechnung ein. Diese Einflussfaktoren werden in den folgenden Abschnitten erläutert. Aufgrund der Sensibilität der Berechnung von den meteorologischen Eingangsgrößen sind diese mit Unsicherheiten von 5-15 % behaftet.

### 2.4.1 Sonnenscheinwahrscheinlichkeit

Den Berechnungen der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer (worst case) wurde die Annahme kontinuierlichen Sonnenscheins zugrunde gelegt. Um dagegen die meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer zu bestimmen, muss die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit mitberücksichtigt werden, die in der Praxis gleichzusetzen ist mit der Wahrscheinlichkeit der Existenz eines Schattenwurfs. Die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit ist von Region zu Region unterschiedlich und wird über die Sonneneinstrahlung an Wetterstationen gemessen. Die dazu erhältlichen Daten basieren auf mehrjährigen Messungen. Angegeben wird üblicherweise die mittlere tägliche Sonnenscheindauer in Stunden, jeweils bezogen auf die einzelnen Monate. Teilt man diese Sonnenscheindauer durch die mittlere Zeitdauer von Sonnenaufgang bis -untergang im gleichen Monat, erhält man die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit im jeweiligen Monat. Dieser Wert liegt im Dezember zwischen 10 % (Kassel) und 22 % (Freiburg) und im Juli/August zwischen 40 % (Düsseldorf) und 52 % (Freiburg) (7).

### 2.4.2 Reduktion der Schattenwurfdauer durch den Azimutwinkel

Bei der Berechnung der astronomisch maximal möglichen Beschattungsdauer (worst case) wird ebenfalls vom ungünstigsten Fall ausgegangen, dass die Windrichtung mit der Richtung der Sonnenstrahlen (Azimutwinkel) identisch ist und die Ausrichtung des Rotors damit den größtmöglichen Schatten zur Folge hat. Wird die statistische Windrichtungsverteilung berücksichtigt, so verkürzt sich die Dauer des Schattenwurfs pro Tag, da eine Abweichung zwischen der Windrichtung und dem Sonnenazimut einen schmaleren, ellipsenförmigen Schattenwurf verursacht (vgl. Abbildung 4).

Als Basis dient hier die Windrichtungsverteilung in 12 Sektoren, die einem Windgutachten oder

einer in der Nähe gemessenen Windstatistik aus einer meteorologischen Station entnommen werden kann. Entsprechend der sektoriellen Windrichtungsverteilung wird die relevante Schattenwurfriktungsbeziehung (WEA - Immissionspunkt) einem Windrichtungssektor zugeordnet. Gegenüberliegende Sektoren (Luv oder Lee von der Sonne angestrahlt) werden dabei in gleicher Weise berücksichtigt. Durch die Schrägstellung der Rotorebene verkleinern sich der Schattenwurfkegel und somit auch die Zeitpunkte des Schattenanfangs und des Schattensendes, also die Dauer des Schattenwurfs auf den Immissionspunkt.

### 2.4.3 Schattenwurf nur bei Betrieb der Anlage

Weiterhin ist die WEA nicht ständig in Betrieb, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit eines Schattenwurfs durch den sich drehenden Rotor zusätzlich reduziert. Erst wenn die Windgeschwindigkeit einen Wert über der Anlaufwindgeschwindigkeit erreicht, beginnt sich die WEA zu drehen. Die Stillstandshäufigkeit kann mit Hilfe der Windgeschwindigkeits-Häufigkeitsverteilung am Standort (zum Beispiel als Weibull-Funktion auf Nabenhöhe aus einem Windgutachten) und der Anlaufwindgeschwindigkeit der WEA ermittelt werden. Die "In-Betrieb"-Häufigkeit bezeichnet so das Verhältnis von Betriebsstunden der Anlage und der Stundenzahl eines Jahres (8.760 h).

### 3 Literaturverzeichnis – theoretische Grundlagen

1. **EMD.** *Software WindPRO, Modul SHADOW, jeweils aktuellste Version.* 9220 Aalborg (DK) : EMD International A/S, 2019.
2. **LAI.** *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WKA-Schattenwurfhinweise, Aktualisierung 2019).* s.l. : Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), 23.01.2020.
3. **H. D. Freund.** *Die Reichweite des Schattenwurfs von Windkraftanlagen.* s.l. : Umweltforschungsbank UFORDAT, Juni 1999.
4. —. *Effektive Einwirkzeit  $T_w$  des Schattenwurfs bei  $T_{max} = 30$  h/Jahr.* Kiel : Institut für Physik und Allgemeine Elektrotechnik, Fachhochschule Kiel, 24.01.2001.
5. **J. Pohl, F. Faul, R. Mausfeld.** *Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Feldstudie.* Kiel : Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 31.07.1999.
6. —. *Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Laborpilotstudie.* Kiel : Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität, 15.05.2000.
7. **Kommission der Europäischen Gemeinschaften.** *Atlas über die Sonnenstrahlung in Europa.* Dortmund : W-Grösschen Verlag, 1979.

## Anhang: Akkreditierung und theoretische Grundlagen



### Deutsche Akkreditierungsstelle

### Anlage zur Akkreditierungsurkunde D-PL-21488-01-00 nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018

**Gültig ab:** 14.12.2022

Ausstellungsdatum: 14.12.2022

Inhaber der Akkreditierungsurkunde:

**Ramboll Deutschland GmbH**

mit den Standorten:

**Elisabeth-Consbruch-Straße 3, 34131 Kassel**

**Lister Straße 9, 30163 Hannover**

Das Prüflaboratorium erfüllt die Mindestanforderungen gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 und gegebenenfalls zusätzliche gesetzliche und normative Anforderungen, einschließlich solcher in relevanten sektoralen Programmen, um die nachfolgend aufgeführten Konformitätsbewertungstätigkeiten durchzuführen.

Die Anforderungen an das Managementsystem in der DIN EN ISO/IEC 17025 sind in einer für Prüflaboratorien relevanten Sprache verfasst und stehen insgesamt in Übereinstimmung mit den Prinzipien der DIN EN ISO 9001.

**Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen von Windenergieanlagen (WEA) einschließlich Prüfung windklimatologischer Eingangsdaten; Bestimmung des Referenzertrages; Bestimmung der Standortgüte; Durchführung und Auswertung von Windmessungen zur Bestimmung des Windpotenzials; Verifizierung von Fernmessgeräten (Lidar und Sodar), Erstellung von Schallimmissionsprognosen für Windenergieanlagen; Erstellung von Schattenwurfprognosen für Windenergieanlagen; Erstellung von Gutachten zur natürlichen Umgebungsturbulenz von Windenergieanlagenstandorten auf der Grundlage der Berechnung von Turbulenzintensitäten**

Innerhalb der mit \* gekennzeichneten Prüfverfahren ist dem Prüflaboratorium, ohne dass es einer vorherigen Information und Zustimmung der DAkkS bedarf, die Anwendung der hier aufgeführten genormten oder ihnen gleichzusetzenden Prüfverfahren mit unterschiedlichen Ausgabeständen gestattet.

Das Prüflaboratorium verfügt über eine aktuelle Liste aller Prüfverfahren im flexiblen Akkreditierungsbereich.

*Diese Urkundenanlage gilt nur zusammen mit der schriftlich erteilten Urkunde und gibt den Stand zum Zeitpunkt des Ausstellungsdatums wieder. Der jeweils aktuelle Stand der gültigen und überwachten Akkreditierung ist der Datenbank akkreditierter Stellen der Deutschen Akkreditierungsstelle zu entnehmen ([www.dakks.de](http://www.dakks.de))*

Verwendete Abkürzungen: siehe letzte Seite

Seite 1 von 3

Schallimmissionsprognose für  
sieben Windenergieanlagen  
am Standort  
**Staffelde**  
(Brandenburg)

Datum: 29.11.2024

Bericht Nr. 18-1-3061-004-NF

Auftraggeber:

EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Schiffbauerdamm 1 | 10117 Berlin

Auftragsnummer: 352008108

Bearbeiter:

Ramboll Deutschland GmbH

Jonas Feja, MLE

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

Tel 0561 / 288 573-0









# 1 Zusammenfassung

Für die Planung von sieben Windenergieanlagen am Standort Staffelde wurde eine Schallimmissionsprognose entsprechend der TA Lärm [3] nach der Berechnungsvorschrift DIN ISO 9613-2 [4] modifiziert nach dem Interimsverfahren [5] entsprechend den Hinweisen der LAI [6] unter Berücksichtigung spezifischer Landesvorgaben für Brandenburg für die zu berücksichtigende Zusatzbelastung an den dem Projekt benachbarten Immissionsorten durchgeführt.

Der Berechnung als Emissionsdaten zugrunde gelegt wurden die Herstellerangaben sowie nach FGW-Richtlinie [7] vermessene Schallleistungspegel (siehe Abschnitt 2.5) des geplanten Anlagentyps Enercon E-160 EP5 E3 mit einer Nabenhöhe (NH) von 166,6 m. Zur sicheren Einhaltung der Vorgaben der TA Lärm sollen die geplanten WEA STA01 bis 04 im Nachtzeitraum schallreduziert betrieben werden (siehe Tabelle 2).

Die Immissionen der einzelnen Schallquellen überlagern sich an den Immissionsorten (vgl. Kapitel 2.3) zu einem resultierenden Schalldruckpegel bzw. Beurteilungspegel  $L_{r,o}$ , der nach TA Lärm zu bewerten ist. Die Beurteilung erfolgt anhand der Nacht-Immissionsrichtwerte für die lauteste Nachtstunde. Die resultierenden Beurteilungspegel  $L_{r,o}$  im Nachtzeitraum nach dem oberen Vertrauensbereich (OVb) an den nach TA Lärm maßgeblichen Immissionsorten sind neben den nächtlichen Immissionsrichtwerten (IRW) in Tabelle 1 aufgeführt.

**Die Nacht-Immissionsrichtwerte nach TA Lärm werden unter Berücksichtigung des oberen Vertrauensbereichs an den Immissionsorten A bis D eingehalten. Von einer schädlichen Umwelteinwirkung bzw. einer erheblichen Belästigung i. S. d. BImSchG [1] ist demnach nicht auszugehen.**

**An dem Immissionsort E wird der nächtliche Immissionsrichtwert um 1 dB überschritten. Nach dem Irrelevanzkriterium in Ziffer 3.2.1 Absatz 3 TA Lärm ist eine Überschreitung um bis zu 1 dB aufgrund der bestehenden Vorbelastung nicht als erhebliche Umwelteinwirkung i. S. d. Schutzzwecks des BImSchG anzusehen.**

**Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse**

| IO | Bezeichnung                       | IRW<br>[dB(A)] | L <sub>r,o</sub> *<br>[dB(A)] | ΔL <sub>r</sub><br>[dB] |
|----|-----------------------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------|
| A  | Staffelde, An der Windrose 13     | 37             | 36                            | -1                      |
| B  | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 | 40             | 40                            | 0                       |
| C  | Flatow, Am Gutsfeld 2             | 40             | 34                            | -6                      |
| D  | Flatow, Alte Postraße 43          | 45             | 37                            | -8                      |
| E  | Staffelde, geplante W-Fläche      | 40             | <b>41</b>                     | <b>1</b>                |

\*) Rundung gemäß Nr. 4.5.1 DIN 1333 [8], Details siehe Kapitel 3.1 und Ergebnisse im Anhang.

## 2 Berechnungsgrundlagen

### 2.1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Staffelde östlich von Tietzow, nordöstlich von Bönicke und südlich von Staffelde sieben Windenergieanlagen (WEA) des Typs Enercon E-160 EP5 E3 mit 166,6 m Nabenhöhe zu errichten.

**Tabelle 2: Kenndaten der geplanten WEA**

| WEA           | WEA Hersteller / Typ | Naben-<br>höhe | Ost             | Nord      | Betriebsmodus |
|---------------|----------------------|----------------|-----------------|-----------|---------------|
|               |                      | [m]            | [UTM 33 ETRS89] |           | nachts        |
| <b>STA 01</b> | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6          | 363.467         | 5.842.335 | Mode IVs-1    |
| <b>STA 02</b> | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6          | 363.889         | 5.842.377 | Mode VIIs-1   |
| <b>STA 03</b> | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6          | 364.460         | 5.842.243 | Mode VIIs-1   |
| <b>STA 04</b> | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6          | 364.969         | 5.842.046 | Mode Vs-1     |
| <b>STA 05</b> | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6          | 363.548         | 5.841.822 | Mode 0 s      |
| <b>STA 06</b> | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6          | 364.096         | 5.841.613 | Mode 0 s      |
| <b>STA 07</b> | Enercon E-160 EP5 E3 | 166,6          | 364.699         | 5.841.755 | Mode 0 s      |

Vor Ort existieren nach den uns vorliegenden Informationen keine bestehenden Windenergieanlagen. Als Vorbelastung wurde ein geplantes Logistikzentrum berücksichtigt.

Es soll der nächtliche Beurteilungspegel nach dem oberen Vertrauensbereich  $L_{r,0}$  der durch die geplanten Windenergieanlagen hervorgerufenen Schallimmissionen an der umliegenden schutzwürdigen Bebauung berechnet und mit den immissionsschutzrechtlichen Vorgaben der TA Lärm [3] für diese Gebäude (Immissionsrichtwerte nach Abschnitt 6.1) verglichen und bewertet werden.

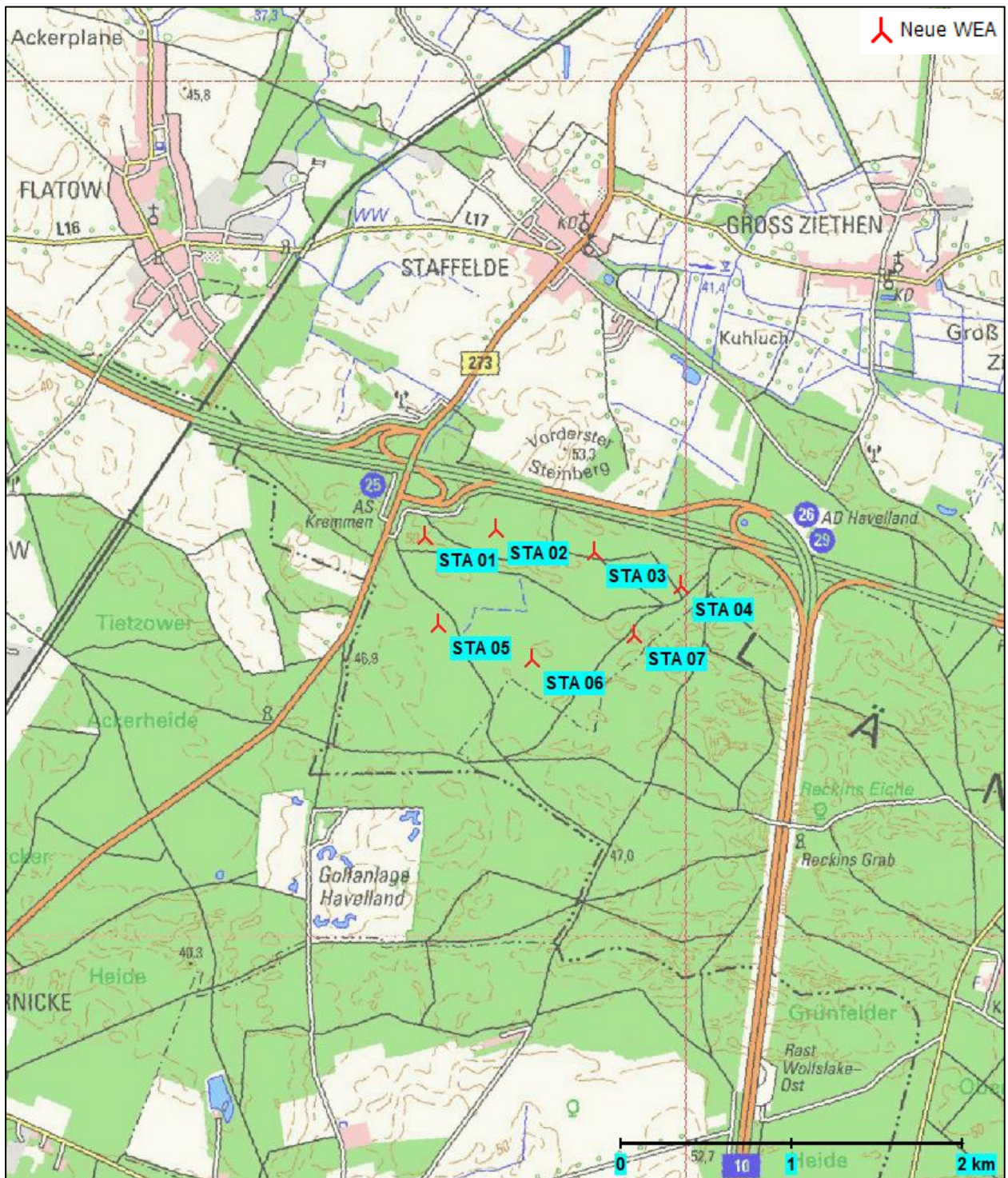


Abbildung 1: Übersichtskarte [9]

## 2.2 Ausbreitungsrechnung

Die Immissionsprognose wird entsprechend den aktuellen Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [6] nach dem vom NALS modifizierten Verfahren



(„Interimsverfahren“) [5] der DIN ISO 9613-2 [4] unter Berücksichtigung der Landesvorgaben (Brandenburg) durchgeführt. Dabei werden günstige Schallausbreitungsbedingungen angenommen (Mitwindbedingungen, 10°C Lufttemperatur, 70 % Luftfeuchte) (vgl. DIN ISO 9613-2, Kap. 7.2, Tab. 2). Die Immissionen werden für die lauteste Nachtstunde berechnet (Nachtbetrieb der WEA im jeweiligen Modus). Bei der Ausbreitung des Schalls werden die abschirmenden Effekte von Gebäuden und des Geländes berücksichtigt (konform nach ISO 9613-2 [4], LAI-Hinweisen [6] und Interimsverfahren [5], siehe dazu auch Agatz 2023 [10]). Das Höhenrelief wurde dem DGM 5 Brandenburg entnommen. Die Berechnung wurde mit der Software Soundplan [11] durchgeführt. Weitere Angaben zu den Grundlagen der Berechnungen sind dem Anhang zu entnehmen.

## 2.3 Immissionsorte

### 2.3.1 Einwirkungsbereich

Für die Berechnung der Lärmimmissionen am Standort Staffelde wurden die in der Umgebung des Standorts liegenden schutzbedürftigen maßgeblichen Immissionsorte (IO) auf Basis topographischer Karten, des amtlichen Liegenschaftskatasters Deutschland (ALKIS) und anhand von Luftbildern ermittelt. Im Rahmen einer Standortbesichtigung am 23.02.2024 wurden diese überprüft und dokumentiert.

Die Auswahl der für die Schallimmissionsprognose relevanten Immissionsorte am Standort erfolgte auf der Basis des nach der Ziffer 2.2 a) TA Lärm [3] definierten Einwirkungsbereichs der geplanten WEA für den Nachtbetrieb (für den Tagbetrieb siehe 3.3). Der Einwirkungsbereich der WEA ist demnach definiert als der Bereich, in dem der Beurteilungspegel der Zusatzbelastung weniger als 10 dB unter dem Immissionsrichtwert (IRW) liegt. Dazu sind auf der folgenden Karte die Iso-Schalllinien (Isophonen) für 25 dB(A), 30 dB(A) und für 35 dB(A) eingezeichnet. In der vorliegenden Immissionsberechnung sind lediglich diejenigen Immissionsorte zu berücksichtigen, die innerhalb der 25-dB(A)-Isophone liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert am Immissionsort 35 dB(A) beträgt, die innerhalb der 30-dB(A)-Isophone liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert am Immissionsort 40 dB(A) beträgt bzw. die innerhalb der 35-dB(A)-Isophone liegen, wenn der zulässige Immissionsrichtwert 45 dB(A) beträgt.

Darüber hinaus wurde der Immissionsort D informativ betrachtet, obwohl dieser außerhalb des definierten Einwirkungsbereichs der geplanten WEA liegt.



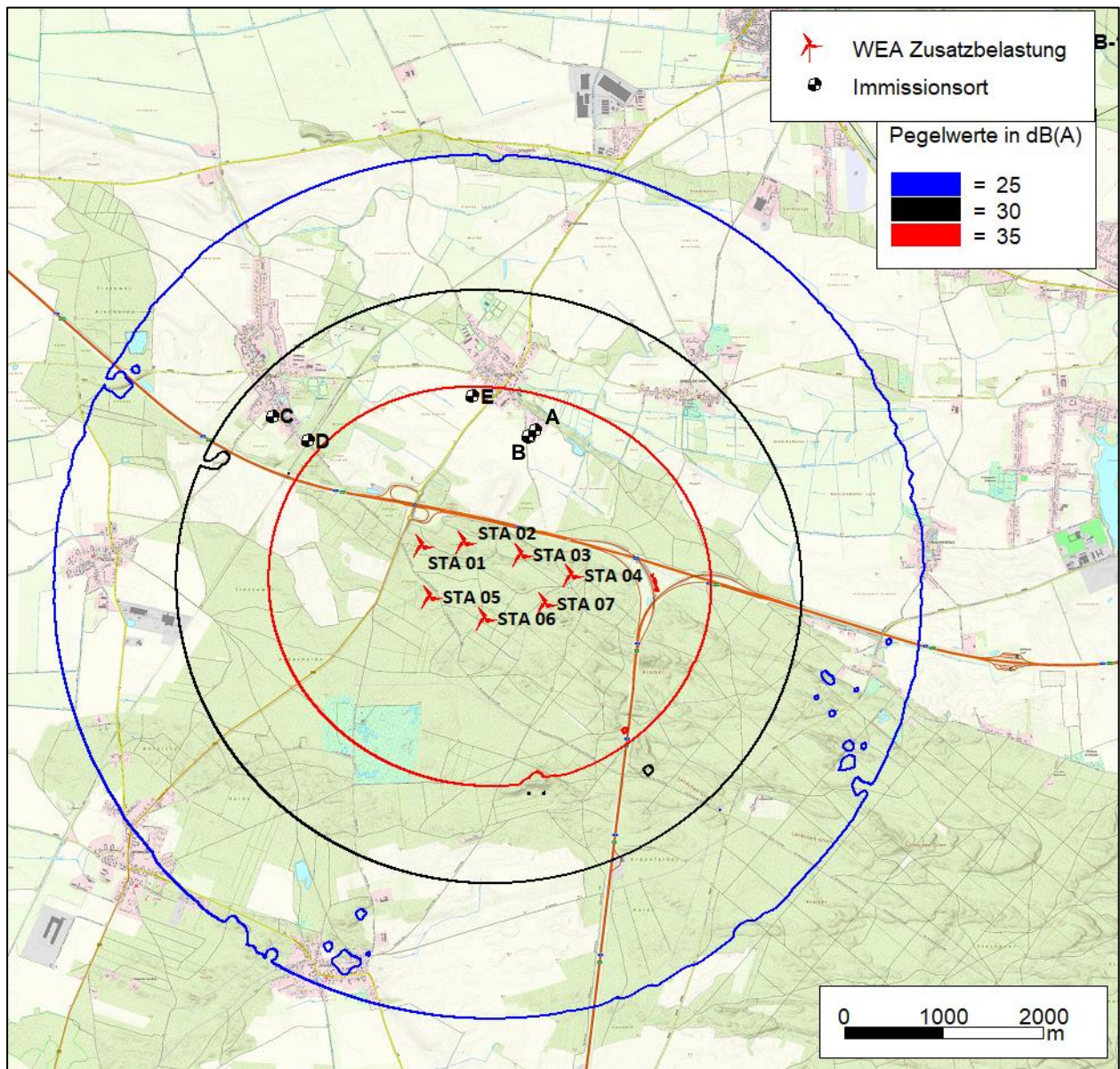


Abbildung 2: Einwirkungsbereich Zusatzbelastung (nachts) [9]

### 2.3.2 Immissionsorte und Immissionsrichtwerte

In Tabelle 3 sind die maßgeblichen Immissionsorte mit ihren im Gutachten verwendeten Bezeichnungen und die dort jeweils relevanten Immissionsrichtwerte aufgeführt. Die Richtwerte werden entsprechend Ziffer 6.1 TA Lärm [3] oder anderen schallschutztechnischen Richtlinien (bspw. Orientierungswerte nach DIN 18005 [12]) angewendet. Für die Beurteilung der Schallimmissionen an den Immissionsorten wird der niedrigere Immissionsrichtwert für den Nachtzeitraum (22-6 Uhr) herangezogen.

**Tabelle 3: Immissionsorte**

| IO | Bezeichnung                       | IRW<br>22-6 Uhr<br>[dB(A)] | Gebiets-<br>einstufung <sup>1</sup> | Grundlage der<br>Einstufung <sup>2</sup>   |
|----|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--|
| A  | Staffelde, An der Windrose 13     | 37                         | WR/GL                               | Reines Wohngebiet „Am Steinberg“ der Gemeinde Kremmen                                |
| B  | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 | 40                         | WR/GL                               | Reines Wohngebiet „Am Steinberg“ der Gemeinde Kremmen                                |
| C  | Flatow, Am Gutsfeld 2             | 40                         | WA                                  | FNP der Gemeinde Kremmen für den Ortsteil Flatow                                     |
| D  | Flatow, Alte Postraße 43          | 45                         | MI                                  | FNP der Gemeinde Kremmen für den Ortsteil Flatow                                     |
| E  | Staffelde, geplante W-Fläche      | 40                         | WA                                  | FNP der Gemeinde Kremmen für den Ortsteil Staffelde/<br>Stellungnahme LfU, 1.11.2024 |

### 2.3.3 Verortung der Immissionsorte

Nach Abschnitt 2.3 TA Lärm [3] sind die Immissionsorte maßgeblich, an denen eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte am ehesten zu erwarten ist. Aus diesem Grund wurden die Immissionsorte an den am stärksten betroffenen Gebäuden und Fassaden gesetzt. Die Höhe der Immissionsorte vor Ort bestimmt. Die genaue Lage der Immissionsort lässt sich den folgenden Abbildungen entnehmen. Die Koordinaten und Höhen der einzelnen Immissionspunkte sind den Berechnungsgrundlagen im Anhang zu entnehmen.

Die Gebäude wurden dem LoD1 Datensatz des Geodatendienstes Brandenburgs entnommen und an einzelnen Gebäuden verfeinert. Die Immissionspunkte wurden 0,5 m mittig vor den jeweiligen Fassaden verortet.

<sup>1</sup> GL = Gemengelage, siehe Abschnitt 2.3.4

MI = Mischgebiet

WA = Allgemeines Wohngebiet

WR = Reines Wohngebiet

<sup>2</sup> BP = Bebauungsplan

FNP = Flächennutzungsplan



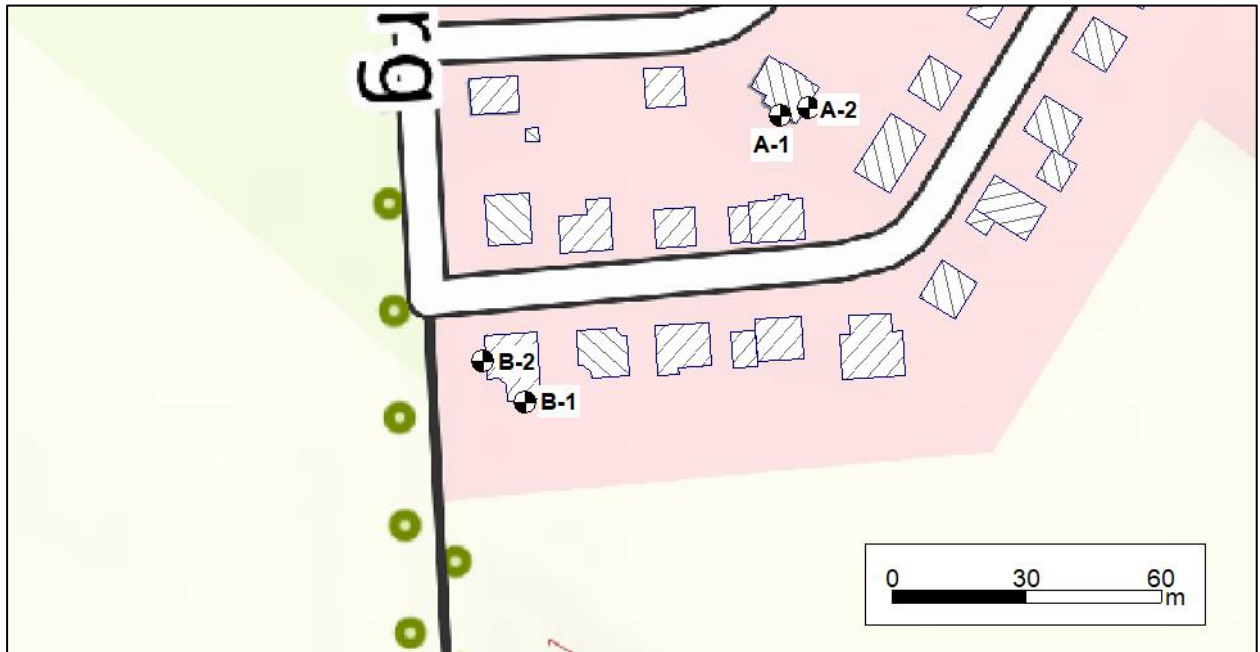


Abbildung 3: Lage der Immissionsorte A und B in Staffelde

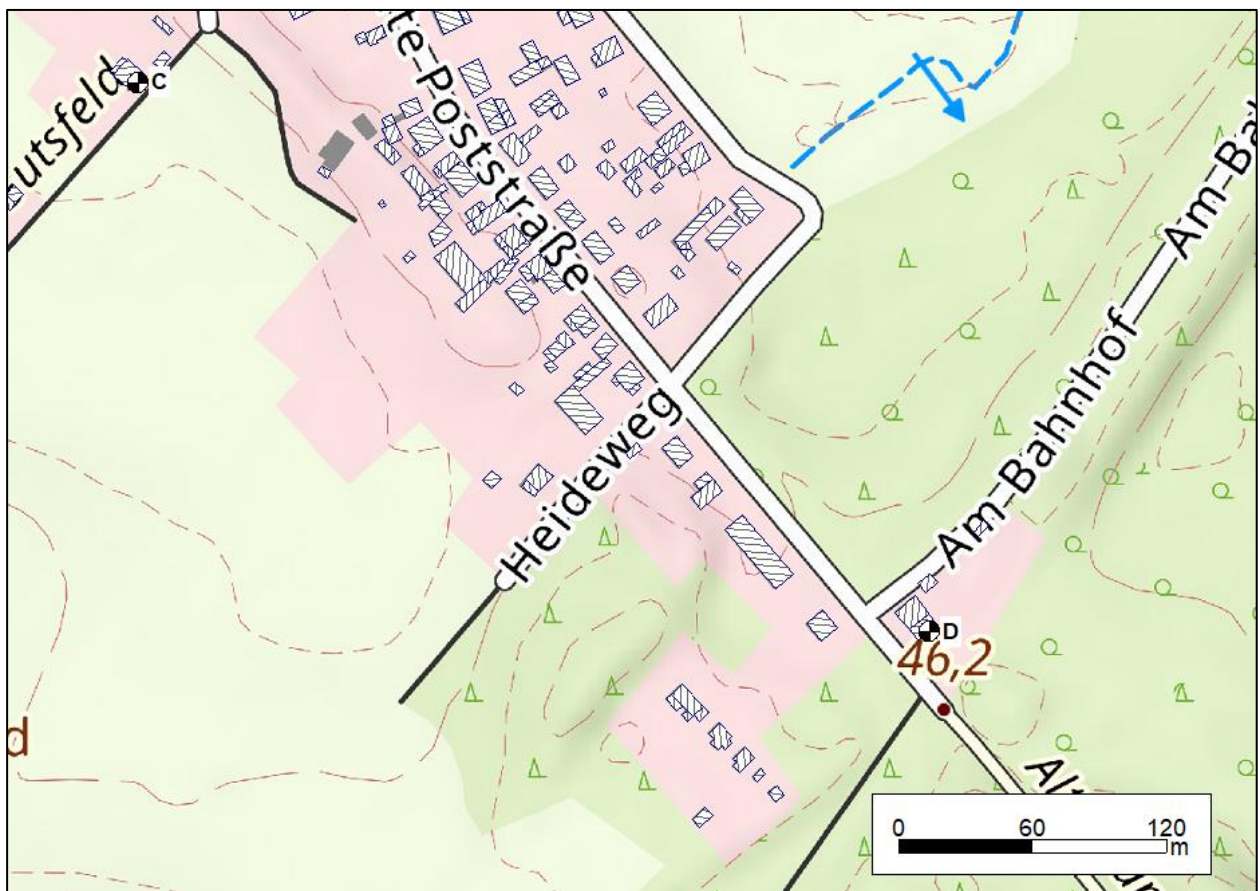


Abbildung 4: Lage der Immissionsorte C und D in Flatow

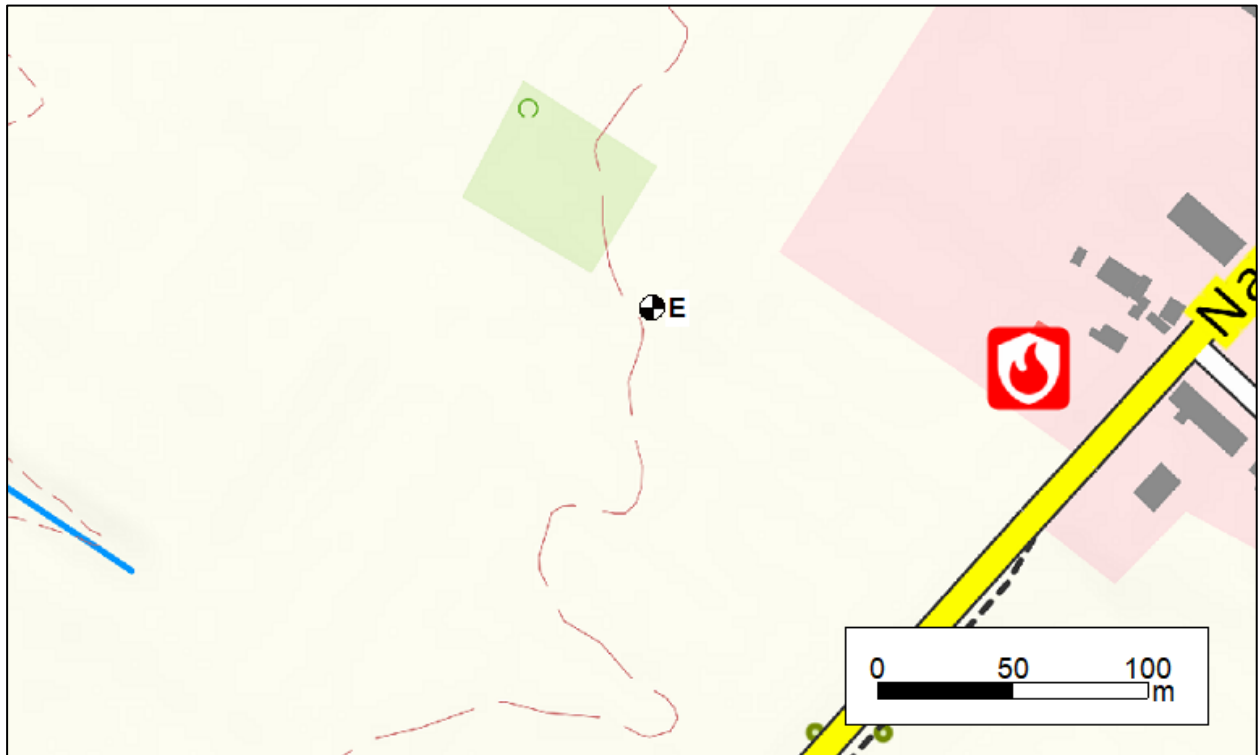


Abbildung 5: Lage des Immissionsortes E in Staffelde

### 2.3.4 Gemengelagen

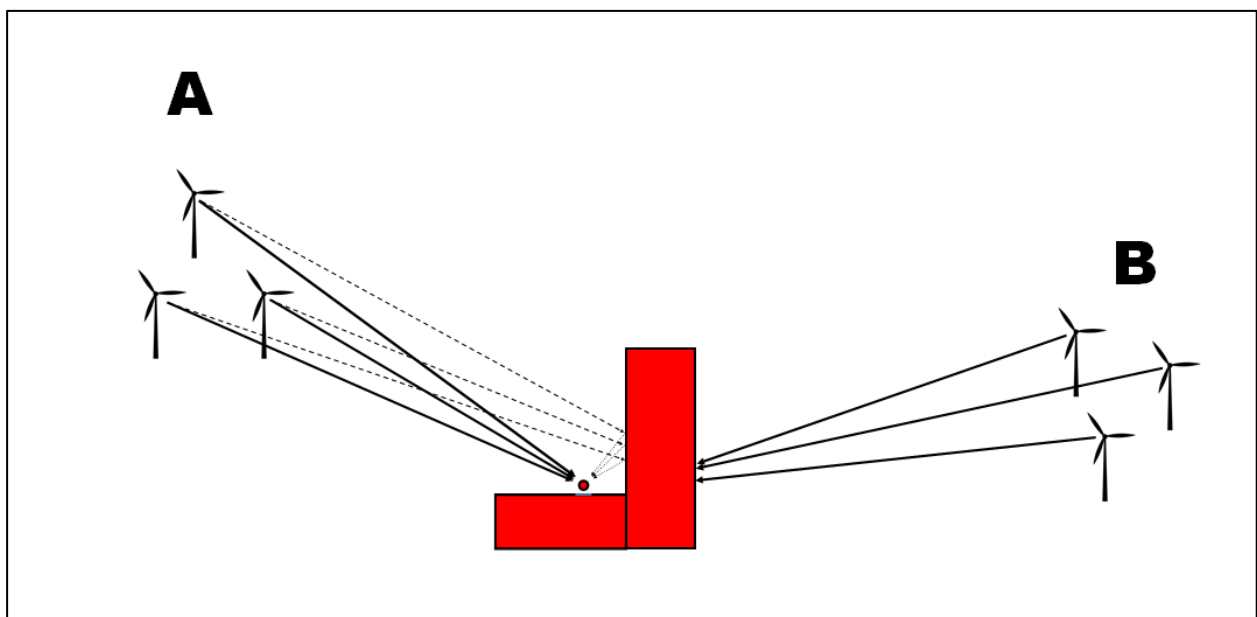
Die Immissionsorte A und B liegen laut Bebauungsplan „Am Steinberg“ in einem Reinen Wohngebiet. Das Wohngebiet grenzt in alle Himmelsrichtungen an den Außenbereich (vgl. Abb. 3). Nach Ziffer 6.7 TA Lärm [3] können bei einer vorliegenden Gemengelage die für die zum Wohnen dienenden Gebiete geltenden Immissionsrichtwerte auf einen geeigneten Zwischenwert angehoben werden. Gleiches wurde basierend auf Gerichtsurteilen hierzu [13] [14] [15] festgelegt. Die Immissionsrichtwerte für Kern-, Dorf- und Mischgebiete sollen dabei nicht überschritten werden. Für den Immissionsort B, welcher im südlichen Randbereich des geplanten Wohngebietes liegt, wird entsprechend ein nächtlicher Immissionsrichtwert von 40 dB(A) zugrunde gelegt. Da auch der zentrale Bereich des Wohngebietes aufgrund der geringen Distanz zum Außenbereich und der Insellage des Gebiets noch dem "Einfluss" des Außenbereichs ausgesetzt ist, wird nach dem Urteil des OVG [16] [17] ein Wert von 37-38 dB(A) für angemessen gehalten. Für den Immissionsort A wird entsprechend nach Absprache mit dem LfU ein nächtlicher Immissionsrichtwert von 37 dB(A) zugrunde gelegt.

## 2.4 Potenzielle Schallreflexionen und Abschirmungseffekte

Für Schallreflexionen kann davon ausgegangen werden, dass sich der Schalldruckpegel an einem Aufpunkt durch eine vollständige Reflexion an einer Gebäudefläche maximal verdoppeln kann (+3 dB) [18]. Ausgehend von einem üblichen Reflexionsverlust von 1 dB an Gebäudewänden sind Reflexionen dementsprechend nur an Aufpunkten relevant, an denen ein Beurteilungspegel von weniger als 2 dB unter dem Immissionsrichtwert berechnet wurde.

Schallreflexionen, die den Beurteilungspegel relevant erhöhen, treten in der Regel bei Gebäude-WEA-Konstellationen auf, bei denen sich Fenster nahe an über Eck stehenden Gebäudewinkeln befinden, also bei L- oder U-förmigen Gebäudekonstellationen wobei die WEA mehrheitlich in Richtung der geöffneten Seite stehen (vgl. Abbildung 6).

Merkliche Reflexionen ergeben sich in der Praxis überwiegend an eher niedrigen Nebengebäuden wie Schuppen, Garagen, Gewächshäusern im Erdgeschossbereich der Wohngebäude. Hier können aber auch Abschirmungen vorgelagerter Gebäude (-teile) wieder zu Pegelsenkungen führen. Im Regelfall ergibt die Berechnung für freie Schallausbreitung (ohne Gebäudeeffekte) für die meisten Immissionsorte höhere Pegel, als bei der Berücksichtigung der konkreten abschirmenden Bebauungsstruktur. Dies gilt im Besonderen innerhalb von zusammenhängend bebauten Gebieten.



**Abbildung 6: Lagekonstellation (Beispiel) – Reflexion von A, Abschirmung von B**

In der vorliegenden Berechnung mittels Soundplan werden die abschirmenden Effekte des

Geländes sowie die reflektierenden und abschirmenden Effekte von Gebäuden mit berücksichtigt (konform nach ISO 9613-2 [4] / LAI [6] / Interimsverfahren [5], siehe dazu auch Agatz 2023 [10]). Die Empfehlungen für die Berechnungseinstellungen [19] wurden umgesetzt.

Die Wohn- und Nebengebäude wurden als 3D-Gebäudemodell (LoD1) auf Grundlage der Amtlichen Basiskarte von den Geodatenämtern des Bundeslandes Brandenburg bezogen und an einzelnen Gebäuden verfeinert. Alle Gebäude wurden mit reflektierenden Hauswänden (Wand-Absorptionsverlust = 1 dB) eingerichtet.

Vor allem für Immissionsorte in Tallagen und hinter abschirmenden Gebäudeteilen ergeben sich durch die Berücksichtigung des Abschirmungseffektes niedrigere Schallimmissionspegel als bei Berechnungen mit freier Ausbreitung. An reflektierenden Wänden von Gebäuden in erster Baureihe mit entsprechend günstigen Lagebeziehungen können dagegen Pegelerhöhungen durch Reflexionen erwartet werden.

#### 2.4.1 Gewerbliche Vorbelastungen

Im Vorfeld der Ortsbesichtigung wurde das Planungsgebiet anhand von Kartenmaterial auf potenzielle gewerbliche Vorbelastungsquellen untersucht. Während der Ortsbesichtigung am 23.02.2024 wurde das Gebiet auf relevante Geräuschemissionen geprüft. Zudem wurde an den maßgeblichen Immissionsorten auf Geräusche einer potenziellen Vorbelastung geachtet.

Zu den üblichen Vorbelastungsquellen zählen im ländlichen Raum insbesondere nahe an Wohnsiedlungen gelegene Biogasanlagen oder Tierzuchtanlagen im Außenbereich, sowie Gewerbe- und Industriegebiete.

Das Landesamt für Umwelt (LfU) hat bestätigt, dass im Bereich der neu geplanten WEA keine Anlagen nach BImSchG existieren. Bei der Ortschaft Tietzow bestehen eine Biogasanlage und eine Kompostieranlage. Da diese Anlagen in einer großen Distanz (mehr als 2,5 km) zu dem nächsten relevanten Immissionsort liegen, stellen sie keine relevanten Vorbelastungsanlagen dar. Des Weiteren leistet die Biogasanlage laut LfU (E-Mail vom 11.01.2024) an der nächstgelegenen Wohnbebauung keinen relevanten Immissionsbeitrag gemäß Nr. 3.2.1 TA Lärm.

Darüber hinaus besteht östlich von Flatow eine Paintballanlage. Da diese in einer großen Distanz (mehr als 1 km) zu dem nächsten relevanten Immissionsort liegt und davon ausgegangen wird, dass sie nur zur Tagzeit genutzt wird, scheidet sie als relevante Vorbelastung aus.



Nach Informationen des LfU (Email, 1.11.2024) ist ein südlich von Staffelde geplantes Logistikzentrum zu berücksichtigen, für welches die Bebauungspläne Nr. 79 „Logistikzentrum“ und Nr. 83 „Logistikzentrum -Teilfläche Ost“ bestehen.

Die Kontingentierung ist so angelegt, dass unter Berücksichtigung der relevanten Vorbelastung aus dem westlich der Landstraße L170 gelegenen Gewerbegebiet die Immissionsrichtwerte der TA Lärm an den nordöstlich gelegenen Immissionsorten in Staffelde, „Am Steinberg“ (WR) sowie an den nördlich gelegenen Immissionsorten in Staffelde (WA) (St 1 im Flächennutzungsplan) eingehalten werden. Nach der Ramboll vorliegenden schalltechnischen Untersuchung der abConsultans GmbH vom 16.11.2021 für das geplante Logistikzentrum (Seite 41) wurden als Immissionspegel für das geplante WA in Staffelde (IO E) 39 dB(A) und für das WR „ Am Steinberg“ (IO B) 35 dB(A) prognostiziert.

Mittels eines iterativen Verfahrens wurden die oben genannten Beurteilungspegel mittels dreier Punktschallquellen im Bereich des Logistikzentrums nachmodelliert. Für die östliche Fläche wurde eine Punktschallquelle mit 98 dB(A) und für die westliche Fläche wurden zwei Punktschallquellen mit 105 dB(A) und mit 106 dB(A) definiert.

## 2.5 Zusatzbelastung

Für die geplanten Anlagen (Zusatzbelastung) des Typs Enercon E-160 EP5 E3 mit schallmindernden Flügelementen („TES“) wurden als Emissionsansatz die Oktavspektren aus der vorliegenden 3-fach-Vermessung für den Mode 0 s und den Herstellerangaben für alle weiteren Betriebsmodi verwendet (siehe Anhang) und mit entsprechenden Zuschlägen für den oberen Vertrauensbereich ( $\Delta L_{\text{O}}$ , siehe oben) versehen. Auszüge aus der Vermessung und den Herstellerangaben sind in der Anlage dieses Gutachtens beigefügt. Gemäß LAI-Hinweisen [6] ist die Geräuschcharakteristik von WEA i. d. R. weder als ton- noch als impulshaltig einzustufen.

Die dargestellten nächtlichen Betriebsmodi entsprechen dem Emissionsansatz, in dem die Vorgaben der TA Lärm für die lauteste Nachtstunde sowie weiterer landesspezifischer Bestimmungen eingehalten werden.

**Tabelle 4: WEA-Schallwerte Zusatzbelastung Tagbetrieb**

|                                      |                                      |                                      |   |                      |  |             |             |             |                                       |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|----------------------|--|-------------|-------------|-------------|---------------------------------------|
| <b>WEA Daten</b>                     | <b>WEA Nr.</b>                       | <b>Typenbezeichnung</b>              |   | <b>Betriebsmodus</b> | <b>NH</b>                              |             |             |             |                                       |
|                                      | STA01-07                             | E-160 EP5 E3 R1                      |   | 0 s                  | 166,6                                  |             |             |             |                                       |
| <b>Quelle Oktavspektrum</b>          | <b>Berichtsnummer</b>                | <b>Datum</b>                         |   | <b>Typ</b>           |  |             |             |             |                                       |
|                                      | 10508940-A-1-A                       | 07.05.2024                           |   | 3-fach Vermessung    |  |             |             |             |                                       |
| <b>Unsicherheiten</b>                | <b><math>\sigma_R</math> [dB(A)]</b> | <b><math>\sigma_P</math> [dB(A)]</b> | <b><math>\sigma_{Prog}</math> [dB(A)]</b> |                      | <b><math>\Delta L_o</math> [dB(A)]</b> |             |             |             |                                       |
|                                      | 0,5                                  | 0,3                                  | 1,0                                       |                      | 1,5                                    |             |             |             |                                       |
| <b>Frequenz f [Hz]</b>               | <b>63</b>                            | <b>125</b>                           | <b>250</b>                                | <b>500</b>           | <b>1000</b>                            | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b><math>\Sigma L_{gesamt}</math></b> |
| <b>L<sub>WA Okt</sub> [dB(A)]</b>    | 87,4                                 | 93,8                                 | 96,8                                      | 99,4                 | 101,0                                  | 101,5       | 94,3        | 79,2        | <b>106,6</b>                          |
| <b>L<sub>e,max Okt</sub> [dB(A)]</b> | 88,1                                 | 94,5                                 | 97,5                                      | 100,1                | 101,7                                  | 102,2       | 95,0        | 79,9        | <b>107,3</b>                          |
| <b>L<sub>O Okt</sub> [dB(A)]</b>     | 88,9                                 | 95,3                                 | 98,3                                      | 100,9                | 102,5                                  | 103,0       | 95,8        | 80,7        | <b>108,1</b>                          |

**Tabelle 5: WEA-Schallwerte Zusatzbelastung Nachtbetrieb STA01**

|                                      |                                      |                                      |   |                      |  |             |             |             |                                       |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|----------------------|--|-------------|-------------|-------------|---------------------------------------|
| <b>WEA Daten</b>                     | <b>WEA Nr.</b>                       | <b>Typenbezeichnung</b>              |   | <b>Betriebsmodus</b> | <b>NH</b>                              |             |             |             |                                       |
|                                      | STA01                                | E-160 EP5 E3 R1                      |   | NR IV s-1            | 166,6                                  |             |             |             |                                       |
| <b>Quelle Oktavspektrum</b>          | <b>Berichtsnummer</b>                | <b>Datum</b>                         |   | <b>Typ</b>           |  |             |             |             |                                       |
|                                      | D02952682_1.0_de                     | 19.07.2024                           |   | Herstellerangabe     |  |             |             |             |                                       |
| <b>Unsicherheiten</b>                | <b><math>\sigma_R</math> [dB(A)]</b> | <b><math>\sigma_P</math> [dB(A)]</b> | <b><math>\sigma_{Prog}</math> [dB(A)]</b> |                      | <b><math>\Delta L_o</math> [dB(A)]</b> |             |             |             |                                       |
|                                      | 0,5                                  | 1,2                                  | 1,0                                       |                      | 2,1                                    |             |             |             |                                       |
| <b>Frequenz f [Hz]</b>               | <b>63</b>                            | <b>125</b>                           | <b>250</b>                                | <b>500</b>           | <b>1000</b>                            | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b><math>\Sigma L_{gesamt}</math></b> |
| <b>L<sub>WA Okt</sub> [dB(A)]</b>    | 84,9                                 | 91,3                                 | 94,7                                      | 96,3                 | 98,6                                   | 98,2        | 88,5        | 66,7        | <b>103,7</b>                          |
| <b>L<sub>e,max Okt</sub> [dB(A)]</b> | 86,6                                 | 93,0                                 | 96,4                                      | 98,0                 | 100,3                                  | 99,9        | 90,2        | 68,4        | <b>105,4</b>                          |
| <b>L<sub>O Okt</sub> [dB(A)]</b>     | 87,0                                 | 93,4                                 | 96,8                                      | 98,4                 | 100,7                                  | 100,3       | 90,6        | 68,8        | <b>105,8</b>                          |

**Tabelle 6: WEA-Schallwerte Zusatzbelastung Nachtbetrieb STA02 und STA03**

|                                      |                                      |                                      |   |                      |  |             |             |             |                                       |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|----------------------|--|-------------|-------------|-------------|---------------------------------------|
| <b>WEA Daten</b>                     | <b>WEA Nr.</b>                       | <b>Typenbezeichnung</b>              |   | <b>Betriebsmodus</b> | <b>NH</b>                              |             |             |             |                                       |
|                                      | STA02-03                             | E-160 EP5 E3 R1                      |   | NR VII s-1           | NH                                     |             |             |             |                                       |
| <b>Quelle Oktavspektrum</b>          | <b>Berichtsnummer</b>                | <b>Datum</b>                         |   | <b>Typ</b>           |  |             |             |             |                                       |
|                                      | D02952686_1.0_de                     | 19.07.2024                           |   | Herstellerangabe     |  |             |             |             |                                       |
| <b>Unsicherheiten</b>                | <b><math>\sigma_R</math> [dB(A)]</b> | <b><math>\sigma_P</math> [dB(A)]</b> | <b><math>\sigma_{Prog}</math> [dB(A)]</b> |                      | <b><math>\Delta L_o</math> [dB(A)]</b> |             |             |             |                                       |
|                                      | 0,5                                  | 1,2                                  | 1,0                                       |                      | 2,1                                    |             |             |             |                                       |
| <b>Frequenz f [Hz]</b>               | <b>63</b>                            | <b>125</b>                           | <b>250</b>                                | <b>500</b>           | <b>1000</b>                            | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b><math>\Sigma L_{gesamt}</math></b> |
| <b>L<sub>WA Okt</sub> [dB(A)]</b>    | 83,2                                 | 88,3                                 | 91,8                                      | 93,6                 | 97,2                                   | 97,7        | 85,4        | 63,8        | <b>102,1</b>                          |
| <b>L<sub>e,max Okt</sub> [dB(A)]</b> | 84,9                                 | 90,0                                 | 93,5                                      | 95,3                 | 98,9                                   | 99,4        | 87,1        | 65,5        | <b>103,8</b>                          |
| <b>L<sub>O Okt</sub> [dB(A)]</b>     | 85,3                                 | 90,4                                 | 93,9                                      | 95,7                 | 99,3                                   | 99,8        | 87,5        | 65,9        | <b>104,2</b>                          |

Tabelle 7: WEA-Schallwerte Zusatzbelastung Nachtbetrieb STA04

| WEA Daten                      | WEA Nr.            |       | Typenbezeichnung   |                 | Betriebsmodus           |                  | NH                   |      |                     |
|--------------------------------|--------------------|-------|--------------------|-----------------|-------------------------|------------------|----------------------|------|---------------------|
|                                |                    | STA04 |                    | E-160 EP5 E3 R1 |                         | NR V s-1         |                      | NH   |                     |
| Quelle Oktavspektrum           | Berichtsnummer     |       |                    | Datum           |                         | Typ              |                      |      |                     |
|                                | D02952684_1.0_de   |       |                    | 19.07.2024      |                         | Herstellerangabe |                      |      |                     |
| Unsicherheiten                 | $\sigma_R$ [dB(A)] |       | $\sigma_P$ [dB(A)] |                 | $\sigma_{Prog}$ [dB(A)] |                  | $\Delta L_o$ [dB(A)] |      |                     |
|                                | 0,5                |       | 1,2                |                 | 1,0                     |                  | 2,1                  |      |                     |
| Frequenz f [Hz]                | 63                 | 125   | 250                | 500             | 1000                    | 2000             | 4000                 | 8000 | $\Sigma L_{gesamt}$ |
| L <sub>WA Okt</sub> [dB(A)]    | 84,5               | 90,6  | 94,2               | 95,7            | 98,3                    | 98,2             | 87,8                 | 66,0 | <b>103,4</b>        |
| L <sub>e,max Okt</sub> [dB(A)] | 86,2               | 92,3  | 95,9               | 97,4            | 100,0                   | 99,9             | 89,5                 | 67,7 | <b>105,1</b>        |
| L <sub>O Okt</sub> [dB(A)]     | 86,6               | 92,7  | 96,3               | 97,8            | 100,4                   | 100,3            | 89,9                 | 68,1 | <b>105,5</b>        |

Tabelle 8: WEA-Schallwerte Zusatzbelastung Nachtbetrieb STA05 bis STA07

| WEA Daten                      | WEA Nr.            |          | Typenbezeichnung   |                 | Betriebsmodus           |                   | NH                   |       |                     |
|--------------------------------|--------------------|----------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------|----------------------|-------|---------------------|
|                                |                    | STA05-07 |                    | E-160 EP5 E3 R1 |                         | 0 s               |                      | 166,6 |                     |
| Quelle Oktavspektrum           | Berichtsnummer     |          |                    | Datum           |                         | Typ               |                      |       |                     |
|                                | 10508940-A-1-A     |          |                    | 07.05.2024      |                         | 3-fach Vermessung |                      |       |                     |
| Unsicherheiten                 | $\sigma_R$ [dB(A)] |          | $\sigma_P$ [dB(A)] |                 | $\sigma_{Prog}$ [dB(A)] |                   | $\Delta L_o$ [dB(A)] |       |                     |
|                                | 0,5                |          | 0,3                |                 | 1,0                     |                   | 1,5                  |       |                     |
| Frequenz f [Hz]                | 63                 | 125      | 250                | 500             | 1000                    | 2000              | 4000                 | 8000  | $\Sigma L_{gesamt}$ |
| L <sub>WA Okt</sub> [dB(A)]    | 87,4               | 93,8     | 96,8               | 99,4            | 101,0                   | 101,5             | 94,3                 | 79,2  | <b>106,6</b>        |
| L <sub>e,max Okt</sub> [dB(A)] | 88,1               | 94,5     | 97,5               | 100,1           | 101,7                   | 102,2             | 95,0                 | 79,9  | <b>107,3</b>        |
| L <sub>O Okt</sub> [dB(A)]     | 88,9               | 95,3     | 98,3               | 100,9           | 102,5                   | 103,0             | 95,8                 | 80,7  | <b>108,1</b>        |

Die Emissionsdaten der geplanten WEA  $L_{WA,Okt}$ ,  $L_{e,max,Okt}$  und  $L_{O,Okt}$  sowie die in diesem Zusammenhang angesetzten Unsicherheitsparameter sind nach LAI-Hinweisen [6] genehmigungsrechtlich festzulegen. Die Emissionsdaten als  $L_{e,max,Okt}$  stellen dabei das rechtlich zulässige Maß an Emissionen der WEA dar, welche einzuhalten und nachzuweisen sind. Die mit diesen Emissionsdaten einhergehenden Immissionswerte an den relevanten Immissionsorten („Kontrollwerte“) können dem Anhang entnommen werden (Berechnung „Zusatzbelastung mit  $L_{e,max,Okt}$ “).

Weiterführende Informationen befinden sich in Kapitel 3 („Genehmigungsfestsetzungen und rechtskonformer Betrieb“) im Anhang „Theoretische Grundlagen“. Falls der Prognose eine Vermessung zugrunde liegt, können die mit den Emissionswerten verbundenen Betriebsparameter (Drehzahl, Leistung, Modus, Gesamtschallleistungspegel) in der Genehmigung zusätzlich mit aufgeführt werden, entscheidend sind jedoch die festgelegten o.g. Oktavdaten (siehe auch Agatz [10], S. 243).

## 3 Ergebnisse der Immissionsberechnungen

### 3.1 Beurteilungspegel an den Immissionsorten

Die basierend auf den in den vorigen Kapiteln genannten Kenn- und Eingangsdaten ermittelten Beurteilungspegel für die lauteste Nachtstunde nach dem oberen Vertrauensbereich  $L_{r,o}$  sind den folgenden Tabellen zu entnehmen. In den folgenden Tabellen wird für jeden Immissionsort (Wohnhaus) der Immissionspunkt mit dem höchsten Gesamtbeurteilungspegel dargestellt. Eine vollständige Liste der Beurteilungspegel aus Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung an allen Immissionspunkten kann dem Anhang entnommen werden.

**Tabelle 9: Beurteilungspegel ( $L_{r,o}$ ) Gesamtbelastung**

| IO | Bezeichnung                       | $IRW_N$<br>(dB(A)) | $L_{r,VB}$<br>GE<br>(dB(A)) | $L_{r,ZB}$<br>(dB(A)) | $L_{r,GB}$<br>(dB(A)) | $L_r^3$<br>(dB(A)) | $\Delta IR-$<br>$W_{GB}$<br>(dB) | $\Delta IRW_{ZB}$<br>(dB) |
|----|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------------|
| A  | Staffelde, An der Windrose 13     | 37                 | 32,6                        | 34,2                  | 36,4                  | 36                 | -1                               | -3                        |
| B  | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 | 40                 | 33,8                        | 37,5                  | 39,5                  | 40                 | 0                                | -2                        |
| C  | Flatow, Am Gutsfeld 2             | 40                 | 30,1                        | 31,1                  | 33,6                  | 34                 | -6                               | -9                        |
| D  | Flatow, Alte Postraße 43          | 45                 | 33,3                        | 33,9                  | 36,6                  | 37                 | -8                               | -11                       |
| E  | Staffelde, geplante W-Fläche      | 40                 | 39,0                        | 35,6                  | 40,7                  | <b>41</b>          | <b>+1</b>                        | -4                        |

Im Anhang liegen für die oben genannten Beurteilungspegel Ausdrücke der Berechnungssoftware windPRO vor. Weiterhin ist im Anhang eine Isophonenkarte für den Beurteilungspegel der Gesamtbelastung wiedergegeben.

### 3.2 Bewertung der Ergebnisse

**Die Nacht-Immissionsrichtwerte nach TA Lärm [3] werden unter Berücksichtigung des oberen Vertrauensbereichs an den Immissionsorten A bis D eingehalten. Von einer schädlichen Umwelteinwirkung bzw. einer erheblichen Belästigung i. S. d. BImSchG [1] ist demnach nicht auszugehen.**

<sup>3</sup> Beurteilungspegel gemäß TA Lärm. Es wurden die Rundungsregeln gemäß Nr. 4.5.1 DIN 1333 [10] angewendet. In Einzelfällen kann es Abweichungen in der Darstellung bei auf eine und auf keine Nachkommastellen gerundeten Werten geben (z. Bsp. 32,47 → 32,5 → 32). Siehe dazu auch die detaillierten Ergebnisse im Anhang.

**An dem Immissionsort E wird der nächtliche Immissionsrichtwert um 1 dB überschritten. Nach dem Irrelevanzkriterium in Ziffer 3.2.1 Absatz 3 TA Lärm ist eine Überschreitung um bis zu 1 dB aufgrund der bestehenden Vorbelastung nicht als erhebliche Umwelteinwirkung i. S. d. Schutzzwecks des BImSchG anzusehen.**

Das Vorhaben erfüllt die Kriterien des § 2 EEG: *Besondere Bedeutung der erneuerbaren Energien* [20]. Demnach liegen „Die Errichtung und der Betrieb von Anlagen [...] im überragenden öffentlichen Interesse und dienen der öffentlichen Sicherheit.“ Deshalb „[...] sollen die erneuerbaren Energien als vorrangiger Belang in die jeweils durchzuführenden Schutzgüterabwägungen eingebracht werden. [...]“

Unter Berücksichtigung aller beurteilungsrelevanter immissionsschutzrechtlicher Kriterien halten wir eine Genehmigung aus schalltechnischer Sicht sowie im Rahmen der Güterabwägung für zulässig.

Die detaillierten, auf Grundlage der in Kapitel 2 beschriebenen Daten erzielten Ergebnisse für den Standort Staffelde sind in Kapitel 3 wiedergegeben. Änderungen an den Positionen der Anlagen, dem Anlagentyp, den in den Herstellerangaben des Anlagentyps genannten Anlagenspezifikationen oder sonstigen relevanten Einflussfaktoren für die Schallberechnung erfordern ein neues Gutachten.

Die vorliegende Schallimmissionsprognose wurde konservativ angesetzt, so dass die berechneten Ergebnisse auf der „Sicheren Seite“ liegen. Weitere Informationen zu den theoretischen Grundlagen sind der „Anlage zur Schallimmissionsprognose der Ramboll Deutschland GmbH“ zu entnehmen.

### 3.3 Tagbetrieb

Im Tagbetrieb können die WEA mit dem maximalen Schallleistungspegel [Mode 0 s] betrieben werden, da während des Tagzeitraums (6-22 Uhr) die Immissionsrichtwerte der in diesem Gutachten relevanten Immissionsorte entsprechend Ziffer 6.1 TA Lärm [3] 15 dB über den Immissionsrichtwerten für den Nachtzeitraum (22-6 Uhr) liegen. So werden auch bei einem höheren Emissionspegel für die WEA im Tagbetrieb die Immissionsrichtwerte unterschritten. Eine entsprechende Berechnung befindet sich im Anhang.

## 4 Literaturverzeichnis

- [1] BImSchG, *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (BImSchG)*, Inkrafttreten: 22.03.1974, in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013, zuletzt geändert durch Gesetz vom 26.07.2023..
- [2] Norm, „DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien,“ 2018.
- [3] TA Lärm, *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm)*, Vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503); Inkrafttreten der letzten Änderung: 9. Juni 2017.
- [4] Norm, *DIN ISO 9613-2:1999-10, Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren.*
- [5] NALS im DIN und VDI, *Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen*, Unterausschuss NA 001-02-03-19 UA "Schallausbreitung im Freien", 2015.
- [6] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz - LAI , *Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA)*, Überarbeiteter Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016.
- [7] Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien, FGW e.V., *Technische Richtlinien für Windenergieanlagen*, Revision 18 Hrsg.
- [8] Norm, *DIN 1333:1992-02, Zahlenangaben.*
- [9] MagicMaps, Tour Explorer DE 8 - amtliche topografische Karten im Maßstab 1:50.000 - Export, MTS Maschinentechnik Schrode AG | Gerhard-Kindler-Straße 8 | 72770 Reutlingen: Quelle der Karten: amtliche Vermessungsämter, 12.06.2018.
- [10] Monika Agatz, *Windenergie Handbuch - 19. Ausgabe*, Gelsenkirchen, März 2023.
- [11] Soundplan GmbH, *Software Soundplan*, aktuellste Version, Backnang.
- [12] Norm, *DIN 18005-1 - Schallschutz im Städtebau - Beiblatt 1 - Orientierungswerte*, 2002-07.
- [13] Urteil, *OVG Münster, 7 B 1339/99, 4.11.1999.*
- [14] Urteil, *VGH Kassel 6 B 2668/09, 30.10.2009.*
- [15] Urteil, *OVG Münster 8 B 866/15, 06.05.2016.*
- [16] Urteil, *OVG Münster 8 A 2016/11, 29.01.2013.*
- [17] Urteil, *OVG Münster 8 B 736/17, Münster, 15.03.2018.*
- [18] Hoffmann/von\_Lüpke, *0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel - Einführung in die Grundbegriffe und quantitative Erfassung des Lärms*, Erich Schmidt Verlag, 1993.
- [19] Monika Agatz, *Fachseminar - Das Interimsverfahren in der Praxis*, 30.09.19.
- [20] EEG 2021/2023, *Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien*, Ursprüngliche Fassung vom: 29. März 2000, Inkrafttreten der letzten Änderung: 1. Januar 2023.



## 5 Anhang

### Teil I: Berechnungsergebnisse und Annahmen

- Isophonenkarte
  - Gesamtbelastung
- Berechnungsergebnisse
  - Vorbelastung Gewerbe
  - Zusatzbelastung oVB
  - Zusatzbelastung  $L_{e,max}$

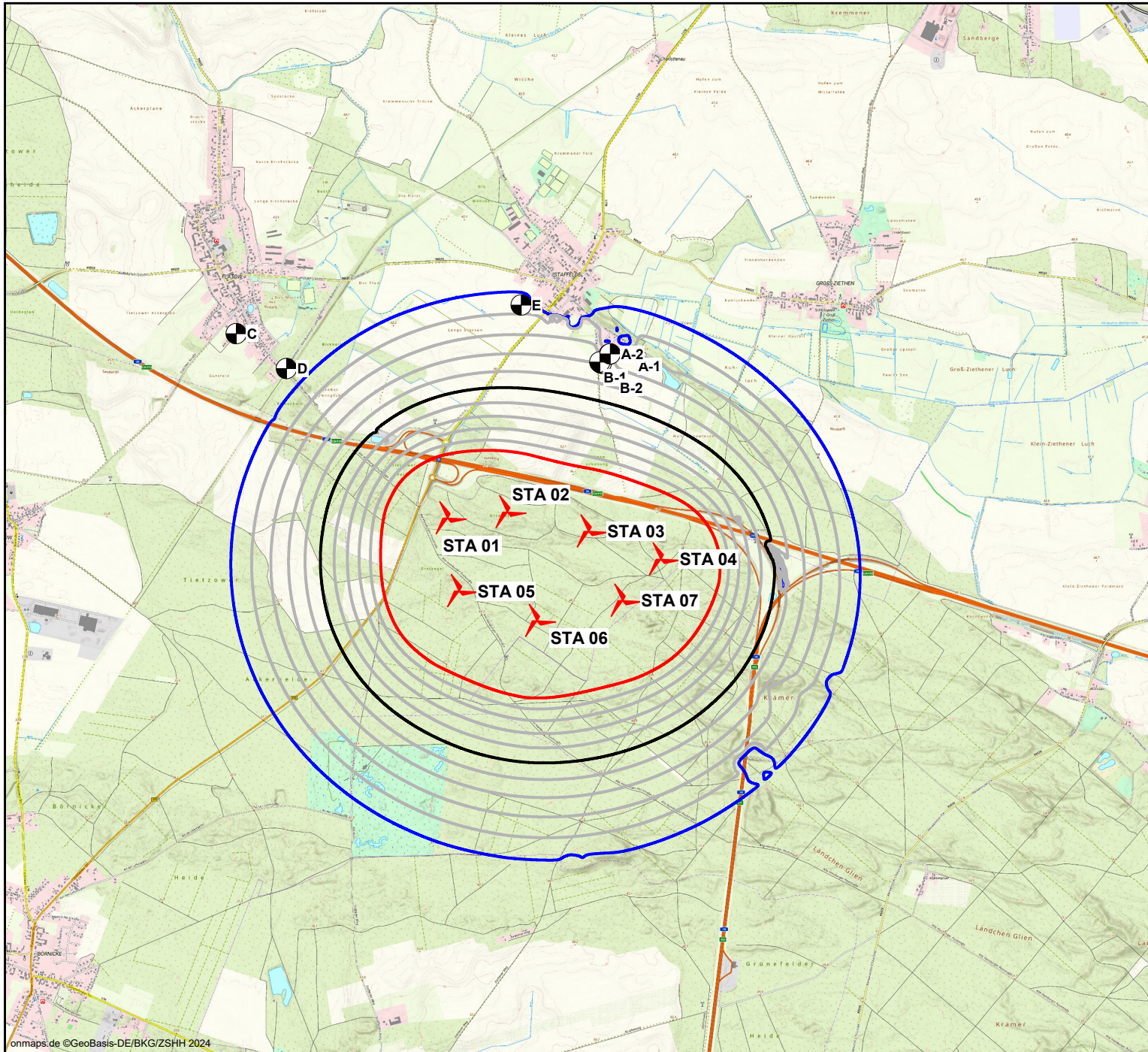
### Teil II: Eingangsdaten - Datengrundlagen

- Herstellerangaben und Messbericht zum Schallleistungspegel mit zugehörigem Oktavspektrum des WEA-Typs Enercon E-160 EP5 E3

### Teil III: Akkreditierung und Theoretische Grundlagen

- Akkreditierungsurkunde
- Theoretische Grundlagen

## Anhang Teil I: Berechnungsergebnisse und Annahmen



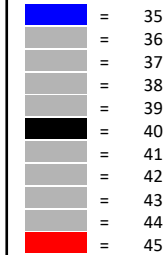
**Auftraggeber:**  
**EnBW Energie Baden-Württemberg AG**  
**Projekt: Schallimmissionsprognose für sieben**  
**Windkraftanlagen Staffelde**  
**Projekt-Nr. 18-1-3061**

# Isophonenkarte Zusatzbelastung

**Gesamtbelastung Isophonenkarte**  
**Beurteilungspegel Nacht**  
**(lauteste Nachtstunde)**  
 Berechnung in 2 m über Grund

Bearbeiter: Jonas Feja  
 Erstellt am: 25.11.2024  
 Bearbeitet mit SoundPLAN 9.0, Update 18.04.2024

**Pegelwerte LrN**  
 in dB(A)



**Legende**

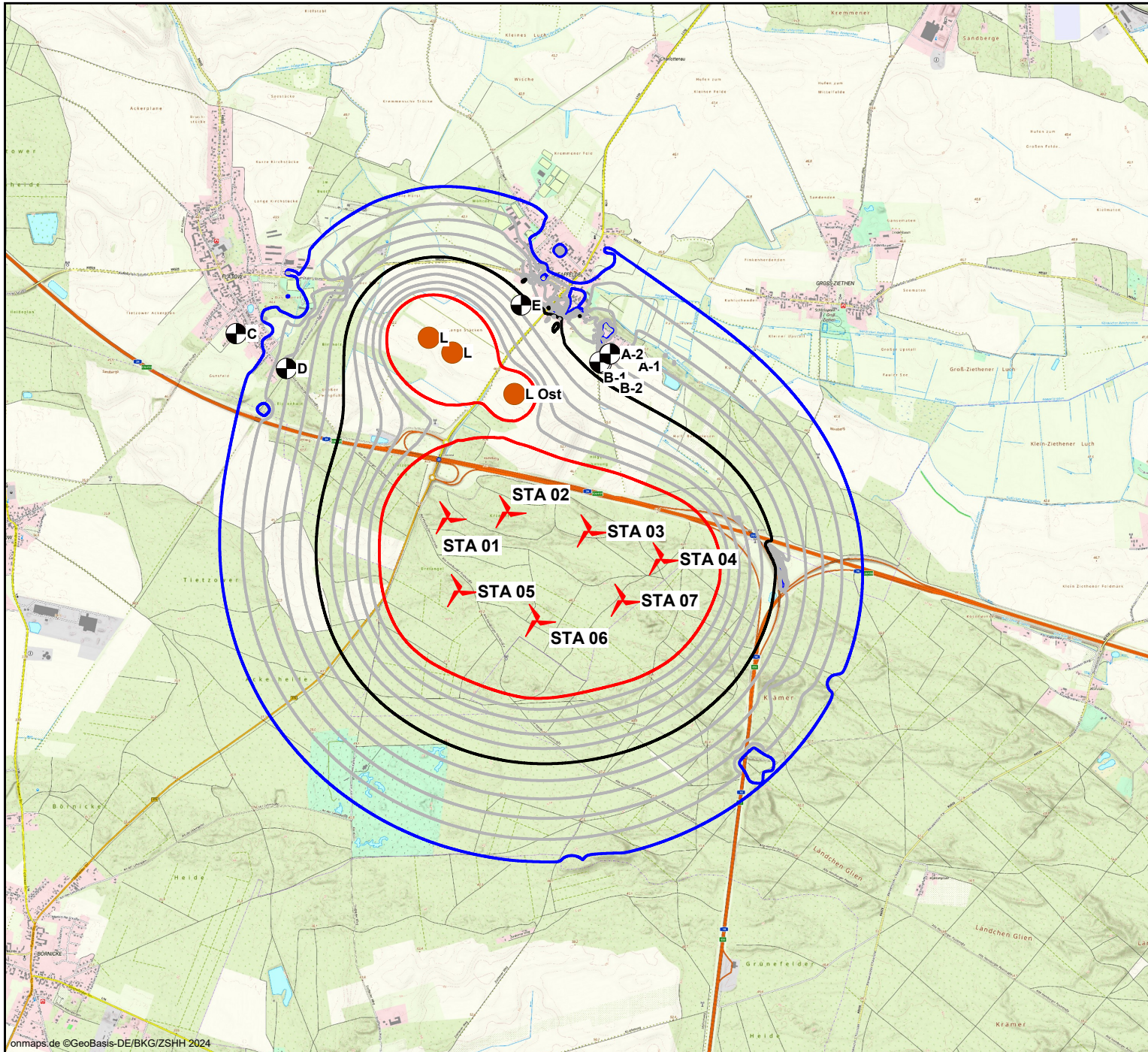
- Zusatzbelastung
- Immissionsort



**Maßstab 1:40000**







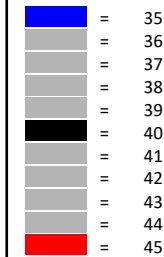
**Auftraggeber:**  
**EnBW Energie Baden-Württemberg AG**  
**Projekt: Schallimmissionsprognose für sieben**  
**Windkraftanlagen Staffelde**  
**Projekt-Nr. 18-1-3061**

# Isophonenkarte Gesamtbelastung

**Gesamtbelastung Isophonenkarte**  
**Beurteilungspegel Nacht**  
**(lauteste Nachtstunde)**  
 Berechnung in 2 m über Grund

Bearbeiter: Jonas Feja  
 Erstellt am: 25.11.2024  
 Bearbeitet mit SoundPLAN 9.0, Update 18.04.2024

**Pegelwerte LrN**  
 in dB(A)



**Legende**

- Zusatzbelastung
- Punktschallquelle
- Immissionsort



**Maßstab 1:40000**



## Staffelde Berechnung: Vorbelastung - VB

| Obj.-Nr. | Immissionsort                          | Nutzung | SW   | HR | X      | Y       | Z    | GH   | RW,N  | LrN   | LrN,diff |  |
|----------|--|---------|------|----|--------|---------|------|------|-------|-------|----------|--|
|          |  |         |      |    | m      | m       | m    | m    | dB(A) | dB(A) | dB       |  |
| A-1      | Staffelde, An der Windrose 13 SW       | GLR     | EG   | SW | 364607 | 5843489 | 47,4 | 44,7 | 37    | 32,6  | -4,4     |  |
| A-2      | Staffelde, An der Windrose 13 SO       | GLR     | EG   | SO | 364613 | 5843491 | 47,4 | 44,8 | 37    | 18,8  | -18,2    |  |
| B-1      | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 Süd  | GLW     | EG   | S  | 364550 | 5843426 | 48,9 | 43,7 | 40    | 33,8  | -6,2     |  |
| B-2      | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 West | GLW     | EG   | W  | 364541 | 5843435 | 46,7 | 44,0 | 40    | 35,0  | -5,0     |  |
| C        | Flatow, Am Gutsfeld 2                  | WA      | EG   | SO | 361980 | 5843635 | 49,1 | 44,1 | 40    | 30,1  | -9,9     |  |
| D        | Flatow, Alte Postraße 43               | MI      | 2.OG | SO | 362335 | 5843389 | 53,0 | 45,1 | 45    | 33,3  | -11,7    |  |
| E        | geplante W-Fläche                      | WA      | 1.OG |    | 363986 | 5843835 | 50,5 | 45,5 | 40    | 39,0  | -1,0     |  |

Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel

## Staffelde

### Berechnung: Vorbelastung - VB

#### Legende

|               |       |  |
|---------------|-------|--|
| Obj.-Nr.      |       | Objektnummer                               |
| Immissionsort |       | Name des Immissionsorts                    |
| Nutzung       |       | Gebietsnutzung                             |
| SW            |       | Stockwerk                                  |
| HR            |       | Richtung                                   |
| X             | m     | X-Koordinate                               |
| Y             | m     | Y-Koordinate                               |
| Z             | m     | Z-Koordinate                               |
| GH            | m     | Bodenhöhe                                  |
| RW,N          | dB(A) | Richtwert Nacht                            |
| LrN           | dB(A) | Beurteilungspegel Nacht                    |
| LrN,diff      | dB    | Grenzwertüberschreitung in Zeitbereich LrN |

Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel



## Staffelde

**Berechnung: Zusatzbelastung oVB**  
 Hauptergebnis

| Obj.-Nr. | Immissionsort                          | Nutzung | SW   | HR | X      | Y       | Z    | GH   | RW,T  | RW,N  | LrT   | LrN   | LrT,diff | LrN,diff |  |
|----------|--|---------|------|----|--------|---------|------|------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|--|
|          |  |         |      |    | m      | m       | m    | m    | dB(A) | dB(A) | dB(A) | dB(A) | dB       | dB       |  |
| A-1      | Staffelde, An der Windrose 13 SW       | GLR     | EG   | SW | 364607 | 5843489 | 47,4 | 44,7 | 50    | 37    | 36,7  | 34,2  | -13,3    | -2,8     |  |
| A-2      | Staffelde, An der Windrose 13 SO       | GLR     | EG   | SO | 364613 | 5843491 | 47,4 | 44,8 | 50    | 37    | 36,5  | 34,3  | -13,5    | -2,7     |  |
| B-1      | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 Süd  | GLW     | EG   | S  | 364550 | 5843426 | 48,9 | 43,7 | 50    | 40    | 40,2  | 37,9  | -9,8     | -2,1     |  |
| B-2      | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 West | GLW     | EG   | W  | 364541 | 5843435 | 46,7 | 44,0 | 50    | 40    | 39,7  | 37,5  | -10,3    | -2,5     |  |
| C        | Flatow, Am Gutsfeld 2                  | WA      | EG   | SO | 361980 | 5843635 | 49,1 | 44,1 | 55    | 40    | 32,8  | 31,1  | -22,2    | -8,9     |  |
| D        | Flatow, Alte Postraße 43               | MI      | 2.OG | SO | 362335 | 5843389 | 53,0 | 45,1 | 60    | 45    | 35,7  | 33,9  | -24,3    | -11,1    |  |
| E        | geplante W-Fläche                      | WA      | 1.OG |    | 363986 | 5843835 | 50,5 | 45,5 | 55    | 40    | 37,8  | 35,6  | -17,2    | -4,4     |  |

Ramboll Deutschland GmbH | Tel. +49 561 288573-0

## Staffelde

**Berechnung: Gesamtbelastung**  
 Hauptergebnis

| Obj.-Nr. | Immissionsort                          | Nutzung | SW   | HR | X      | Y       | Z    | GH   | RW,N  | LrN   | LrN,diff |  |
|----------|--|---------|------|----|--------|---------|------|------|-------|-------|----------|--|
|          |  |         |      |    | m      | m       | m    | m    | dB(A) | dB(A) | dB       |  |
| A-1      | Staffelde, An der Windrose 13 SW       | GLR     | EG   | SW | 364607 | 5843489 | 47,4 | 44,7 | 37    | 36,4  | -0,6     |  |
| A-2      | Staffelde, An der Windrose 13 SO       | GLR     | EG   | SO | 364613 | 5843491 | 47,4 | 44,8 | 37    | 34,5  | -2,5     |  |
| B-1      | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 Süd  | GLW     | EG   | S  | 364550 | 5843426 | 48,9 | 43,7 | 40    | 39,4  | -0,6     |  |
| B-2      | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 West | GLW     | EG   | W  | 364541 | 5843435 | 46,7 | 44,0 | 40    | 39,5  | -0,5     |  |
| C        | Flatow, Am Gutsfeld 2                  | WA      | EG   | SO | 361980 | 5843635 | 49,1 | 44,1 | 40    | 33,6  | -6,4     |  |
| D        | Flatow, Alte Postraße 43               | MI      | 2.OG | SO | 362335 | 5843389 | 53,0 | 45,1 | 45    | 36,6  | -8,4     |  |
| E        | geplante W-Fläche                      | WA      | 1.OG |    | 363986 | 5843835 | 50,5 | 45,5 | 40    | 40,7  | 0,7      |  |

Ramboll Deutschland GmbH | Tel. +49 561 288573-0

## Staffelde Teilpegel - GB

| Quelle   | Quellgruppe          | Quellentyp | LrN<br>dB(A) |  |
|--|----------------------|------------|--------------|--|
| <b>Obj.-Nr. A-1 Immissionsort Staffelde, An der Windrose 13 SW SW EG RW,N 37 dB(A) LrN 36,4 dB(A)</b>      |                      |            |              |  |
| STA 01<br>nacht  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 23,9         |  |
| STA 02<br>nacht  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 28,7         |  |
| STA 03<br>nacht  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 24,6         |  |
| STA 04<br>nacht  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 24,4         |  |
| STA 05   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 27,1         |  |
| STA 06   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 23,6         |  |
| STA 07   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 25,0         |  |
| STA 01   | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| STA 02   | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| STA 03   | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| STA 04   | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| L  | Standard Gewerbelärm | Punkt      | 26,9         |  |
| L Ost  | Standard Gewerbelärm | Punkt      | 26,7         |  |
| L  | Standard Gewerbelärm | Punkt      | 29,3         |  |
| <b>Obj.-Nr. A-2 Immissionsort Staffelde, An der Windrose 13 SO SW EG RW,N 37 dB(A) LrN 34,5 dB(A)</b>      |                      |            |              |  |
| STA 01<br>nacht  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 19,6         |  |
| STA 02<br>nacht  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 28,0         |  |
| STA 03<br>nacht  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 24,6         |  |
| STA 04<br>nacht  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 25,0         |  |
| STA 05   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 23,4         |  |
| STA 06   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 23,6         |  |
| STA 07   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 29,8         |  |
| STA 01   | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| STA 02   | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| STA 03   | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| STA 04   | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| L  | Standard Gewerbelärm | Punkt      | 13,8         |  |
| L Ost  | Standard Gewerbelärm | Punkt      | 11,2         |  |
| L  | Standard Gewerbelärm | Punkt      | 15,8         |  |
| <b>Obj.-Nr. B-1 Immissionsort Staffelde, An der Trabrennbahn 25 Süd SW EG RW,N 40 dB(A) LrN 39,4 dB(A)</b> |                      |            |              |  |
| STA 01<br>nacht  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 29,3         |  |
| STA 02<br>nacht  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 29,5         |  |
| STA 03<br>nacht  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 30,0         |  |

Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel

## Staffelde Teilpegel - GB

| Quelle  | Quellgruppe          | Quellentyp | LrN<br>dB(A) |  |
|---|----------------------|------------|--------------|--|
| STA 04<br>nacht   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 29,5         |  |
| STA 05  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 28,8         |  |
| STA 06  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 28,9         |  |
| STA 07  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 30,2         |  |
| STA 01  | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| STA 02  | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| STA 03  | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| STA 04  | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| L   | Standard Gewerbelärm | Punkt      | 29,1         |  |
| L Ost   | Standard Gewerbelärm | Punkt      | 27,9         |  |
| L   | Standard Gewerbelärm | Punkt      | 29,9         |  |
| <b>Obj.-Nr. B-2 Immissionsort Staffelde, An der Trabrennbahn 25 West SW EG RW,N 40 dB(A) LrN 39,5 dB(A)</b> |                      |            |              |  |
| STA 01<br>nacht   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 29,3         |  |
| STA 02<br>nacht   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 29,5         |  |
| STA 03<br>nacht   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 29,9         |  |
| STA 04<br>nacht   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 25,5         |  |
| STA 05  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 28,7         |  |
| STA 06  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 28,9         |  |
| STA 07  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 30,1         |  |
| STA 01  | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| STA 02  | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| STA 03  | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| STA 04  | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| L   | Standard Gewerbelärm | Punkt      | 30,7         |  |
| L Ost   | Standard Gewerbelärm | Punkt      | 27,9         |  |
| L   | Standard Gewerbelärm | Punkt      | 31,5         |  |
| <b>Obj.-Nr. C Immissionsort Flatow, Am Gutsfeld 2 SW EG RW,N 40 dB(A) LrN 33,6 dB(A)</b>                    |                      |            |              |  |
| STA 01<br>nacht   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 26,3         |  |
| STA 02<br>nacht   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 21,9         |  |
| STA 03<br>nacht   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 16,4         |  |
| STA 04<br>nacht   | Standard Gewerbelärm | WindT      | 14,5         |  |
| STA 05  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 25,8         |  |
| STA 06  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 22,9         |  |
| STA 07  | Standard Gewerbelärm | WindT      | 17,3         |  |
| STA 01  | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |
| STA 02  | Standard Gewerbelärm | WindT      |              |  |

Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel

## Staffelde Teilpegel - GB

| Quelle          | Quellgruppe   | Quellentyp | LrN<br>dB(A) |  |
|-----------------|---|------------|--------------|--|
| STA 03          | Standard Gewerbelärm  | WindT      |              |  |
| STA 04          | Standard Gewerbelärm  | WindT      |              |  |
| L               | Standard Gewerbelärm  | Punkt      | 28,0         |  |
| L Ost           | Standard Gewerbelärm  | Punkt      | 15,3         |  |
| L               | Standard Gewerbelärm  | Punkt      | 25,6         |  |
| Obj.-Nr. D      | Immissionsort Flatow, Alte Postraße 43 SW 2.OG RW,N 45 dB(A) LrN 36,6 dB(A) |            |              |  |
| STA 01<br>nacht | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 29,2         |  |
| STA 02<br>nacht | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 24,6         |  |
| STA 03<br>nacht | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 21,3         |  |
| STA 04<br>nacht | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 20,7         |  |
| STA 05          | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 28,2         |  |
| STA 06          | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 25,3         |  |
| STA 07          | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 18,7         |  |
| STA 01          | Standard Gewerbelärm  | WindT      |              |  |
| STA 02          | Standard Gewerbelärm  | WindT      |              |  |
| STA 03          | Standard Gewerbelärm  | WindT      |              |  |
| STA 04          | Standard Gewerbelärm  | WindT      |              |  |
| L               | Standard Gewerbelärm  | Punkt      | 31,2         |  |
| L Ost           | Standard Gewerbelärm  | Punkt      | 18,1         |  |
| L               | Standard Gewerbelärm  | Punkt      | 28,7         |  |
| Obj.-Nr. E      | Immissionsort geplante W-Fläche SW 1.OG RW,N 40 dB(A) LrN 40,7 dB(A)        |            |              |  |
| STA 01<br>nacht | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 28,9         |  |
| STA 02<br>nacht | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 27,6         |  |
| STA 03<br>nacht | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 26,0         |  |
| STA 04<br>nacht | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 25,4         |  |
| STA 05          | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 27,7         |  |
| STA 06          | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 26,8         |  |
| STA 07          | Standard Gewerbelärm  | WindT      | 26,9         |  |
| STA 01          | Standard Gewerbelärm  | WindT      |              |  |
| STA 02          | Standard Gewerbelärm  | WindT      |              |  |
| STA 03          | Standard Gewerbelärm  | WindT      |              |  |
| STA 04          | Standard Gewerbelärm  | WindT      |              |  |
| L               | Standard Gewerbelärm  | Punkt      | 35,3         |  |
| L Ost           | Standard Gewerbelärm  | Punkt      | 28,2         |  |
| L               | Standard Gewerbelärm  | Punkt      | 36,0         |  |

Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel

## Staffelde Oktavspektren der Emittenten in dB(A) - GB

| Name         | Quellentyp | X<br>m | Y<br>m  | Tagesgang | Emissionsspektrum                        | Lw<br>dB(A) | 63Hz<br>dB(A) | 125Hz<br>dB(A) | 250Hz<br>dB(A) | 500Hz<br>dB(A) | 1kHz<br>dB(A) | 2kHz<br>dB(A) | 4kHz<br>dB(A) |
|--------------|------------|--------|---------|-----------|--|-------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| STA 01 nacht | WindT      | 363467 | 5842335 | nacht     | E-160, NR IV s-1, H: 103,7 dB(A) + 2,1 d | 105,8       | 87,0          | 93,4           | 96,8           | 98,4           | 100,7         | 100,3         | 90,6          |
| STA 02 nacht | WindT      | 363889 | 5842377 | nacht     | E-160, NR VII s-1, H: 102,1 dB(A) + 2,1  | 104,2       | 85,3          | 90,4           | 93,9           | 95,7           | 99,3          | 99,8          | 87,5          |
| STA 03 nacht | WindT      | 364460 | 5842243 | nacht     | E-160, NR VII s-1, H: 102,1 dB(A) + 2,1  | 104,2       | 85,3          | 90,4           | 93,9           | 95,7           | 99,3          | 99,8          | 87,5          |
| STA 04 nacht | WindT      | 364969 | 5842046 | nacht     | E-160, NR V s-1, H: 103,4 dB(A) + 2,1 dB | 105,5       | 86,6          | 92,7           | 96,3           | 97,8           | 100,4         | 100,3         | 89,9          |
| STA 05       | WindT      | 363548 | 5841822 | 100%/24h  | E-160, 3fach V: 106,6 dB(A) + 1,5 dB     | 108,1       | 88,9          | 95,3           | 98,3           | 100,9          | 102,5         | 103,0         | 95,8          |
| STA 06       | WindT      | 364096 | 5841613 | 100%/24h  | E-160, 3fach V: 106,6 dB(A) + 1,5 dB     | 108,1       | 88,9          | 95,3           | 98,3           | 100,9          | 102,5         | 103,0         | 95,8          |
| STA 07       | WindT      | 364699 | 5841755 | 100%/24h  | E-160, 3fach V: 106,6 dB(A) + 1,5 dB     | 108,1       | 88,9          | 95,3           | 98,3           | 100,9          | 102,5         | 103,0         | 95,8          |
| STA 01       | WindT      | 363467 | 5842335 | tag       | E-160, 3fach V: 106,6 dB(A) + 1,5 dB     | 108,1       | 88,9          | 95,3           | 98,3           | 100,9          | 102,5         | 103,0         | 95,8          |
| STA 02       | WindT      | 363889 | 5842377 | tag       | E-160, 3fach V: 106,6 dB(A) + 1,5 dB     | 108,1       | 88,9          | 95,3           | 98,3           | 100,9          | 102,5         | 103,0         | 95,8          |
| STA 03       | WindT      | 364460 | 5842243 | tag       | E-160, 3fach V: 106,6 dB(A) + 1,5 dB     | 108,1       | 88,9          | 95,3           | 98,3           | 100,9          | 102,5         | 103,0         | 95,8          |
| STA 04       | WindT      | 364969 | 5842046 | tag       | E-160, 3fach V: 106,6 dB(A) + 1,5 dB     | 108,1       | 88,9          | 95,3           | 98,3           | 100,9          | 102,5         | 103,0         | 95,8          |
| L            | Punkt      | 363336 | 5843605 | 100%/24h  |  | 106,0       |               |                |                | 106,0          |               |               |               |
| L Ost        | Punkt      | 363939 | 5843209 | 100%/24h  |  | 98,0        |               |                |                | 98,0           |               |               |               |
| L            | Punkt      | 363503 | 5843500 | 100%/24h  |  | 105,0       |               |                |                | 105,0          |               |               |               |



## Staffelde

**Berechnung: Zusatzbelastung Lemax**  
Hauptergebnis

| Obj.-Nr. | Immissionsort                          | Nutzung | SW   | HR | X      | Y       | Z    | GH   | RW,N  | LrN   |  |
|----------|--|---------|------|----|--------|---------|------|------|-------|-------|--|
|          |  |         |      |    | m      | m       | m    | m    | dB(A) | dB(A) |  |
| A-1      | Staffelde, An der Windrose 13 SW       | GLR     | EG   | SW | 364607 | 5843489 | 47,4 | 44,7 | 37    | 33,6  |  |
| A-2      | Staffelde, An der Windrose 13 SO       | GLR     | EG   | SO | 364613 | 5843491 | 47,4 | 44,8 | 37    | 33,7  |  |
| B-1      | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 Süd  | GLW     | EG   | S  | 364550 | 5843426 | 48,9 | 43,7 | 40    | 37,4  |  |
| B-2      | Staffelde, An der Trabrennbahn 25 West | GLW     | EG   | W  | 364541 | 5843435 | 46,7 | 44,0 | 40    | 36,9  |  |
| C        | Flatow, Am Gutsfeld 2                  | WA      | EG   | SO | 361980 | 5843635 | 49,1 | 44,1 | 40    | 30,5  |  |
| D        | Flatow, Alte Postraße 43               | MI      | 2.OG | SO | 362335 | 5843389 | 53,0 | 45,1 | 45    | 33,3  |  |
| E        | geplante W-Fläche                      | WA      | 1.OG |    | 363986 | 5843835 | 50,5 | 45,5 | 40    | 35,0  |  |

Ramboll Deutschland GmbH | Tel. +49 561 288573-0

## Staffelde Oktavspektren der Emittenten in dB(A) - ZB lemax

| Name   | Quellentyp | Emissionsspektrum                        | Lw    | 63Hz  | 125Hz | 250Hz | 500Hz | 1kHz  | 2kHz  | 4kHz  |       |
|--------|------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |            |  | dB(A) | dB(A) | dB(A) | dB(A) | dB(A) | dB(A) | dB(A) | dB(A) | dB(A) |
| STA 01 | WindT      | E-160, NR IV s-1, H: 103,7 dB(A) + 1,7 d | 105,4 | 86,6  | 93,0  | 96,4  | 98,0  | 100,3 | 99,9  | 90,2  |       |
| STA 02 | WindT      | E-160, NR VII s-1, H: 102,1 dB(A) + 1,7  | 103,8 | 84,9  | 90,0  | 93,5  | 95,3  | 98,9  | 99,4  | 87,1  |       |
| STA 03 | WindT      | E-160, NR VII s-1, H: 102,1 dB(A) + 1,7  | 103,8 | 84,9  | 90,0  | 93,5  | 95,3  | 98,9  | 99,4  | 87,1  |       |
| STA 04 | WindT      | E-160, NR V s-1, H: 103,4 dB(A) + 1,7 dB | 105,1 | 86,2  | 92,3  | 95,9  | 97,4  | 100,0 | 99,9  | 89,5  |       |
| STA 05 | WindT      | E-160, 3fach V: 106,6 dB(A) + 0,7 dB lem | 107,3 | 88,1  | 94,5  | 97,5  | 100,1 | 101,7 | 102,2 | 95,0  |       |
| STA 06 | WindT      | E-160, 3fach V: 106,6 dB(A) + 0,7 dB lem | 107,3 | 88,1  | 94,5  | 97,5  | 100,1 | 101,7 | 102,2 | 95,0  |       |
| STA 07 | WindT      | E-160, 3fach V: 106,6 dB(A) + 0,7 dB lem | 107,3 | 88,1  | 94,5  | 97,5  | 100,1 | 101,7 | 102,2 | 95,0  |       |

## Anhang Teil II: Eingangsdaten - Datengrundlagen



BESTIMMUNG DER SCHALLLEISTUNGSPEGEL EINER WEA DES TYPUS ENERCON E-160 EP5 E3 IM BETRIEBSMODUS BM 0S AUS MEHREREN EINZELMESSUNGEN

# Ergebniszusammenfassung aus mehreren Einzelmessungen

ENERCON GMBH

**Berichtsnummer:** 10508940-A-1-A

**Berichtsdatum:** 2024-05-07



## 3.12 Terzen bei 12,5 m/s

Tabelle 3-15 Terz- und Oktav-Schalleistungspegel

| Frequenz<br>[Hz] | Messung                 |                        |                         |                        |                         |                        | Mittelwerte             |           |           |                         |
|------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------|
|                  | 1                       |                        | 2                       |                        | 3                       |                        | Terz                    |           |           | Oktave                  |
|                  | L <sub>WA</sub><br>[dB] | u <sub>c</sub><br>[dB] | L <sub>WA</sub><br>[dB] | u <sub>c</sub><br>[dB] | L <sub>WA</sub><br>[dB] | u <sub>c</sub><br>[dB] | L <sub>WA</sub><br>[dB] | s<br>[dB] | σ<br>[dB] | L <sub>WA</sub><br>[dB] |
| 10               | 45,3                    | 1,1                    | 44,1                    | 0,8                    | 46,2                    | 0,8                    | 45,3                    | 0,6       | 1,1       | -                       |
| 12,5             | 51,4                    | 0,9                    | 51,2                    | 0,7                    | 51,1                    | 0,7                    | 51,2                    | 0,1       | 0,8       | -                       |
| 16               | 61,9                    | 1,4                    | 57,2                    | 0,7                    | 56,5                    | 0,7                    | 59,2                    | 1,8       | 2,0       | 64,4                    |
| 20               | 61,6                    | 0,9                    | 62,5                    | 0,7                    | 63,3                    | 0,8                    | 62,5                    | 0,5       | 0,9       | -                       |
| 25               | 68,0                    | 0,9                    | 73,3                    | 0,7                    | 69,5                    | 0,7                    | 70,8                    | 1,6       | 1,8       | -                       |
| 31,5             | 78,7                    | 1,0                    | 75,9                    | 0,7                    | 76,0                    | 0,7                    | 77,0                    | 0,9       | 1,2       | 79,9                    |
| 40               | 74,6                    | 0,9                    | 75,5                    | 0,7                    | 75,6                    | 0,7                    | 75,3                    | 0,3       | 0,8       | -                       |
| 50               | 77,7                    | 0,9                    | 80,4                    | 0,7                    | 78,8                    | 0,7                    | 79,1                    | 0,8       | 1,1       | -                       |
| 63               | 80,6                    | 0,9                    | 83,1                    | 0,7                    | 81,5                    | 0,7                    | 81,9                    | 0,7       | 1,1       | 87,4                    |
| 80               | 85,7                    | 0,9                    | 85,0                    | 0,7                    | 84,2                    | 0,7                    | 85,0                    | 0,4       | 0,9       | -                       |
| 100              | 87,3                    | 0,9                    | 88,4                    | 0,7                    | 86,2                    | 0,7                    | 87,4                    | 0,6       | 1,0       | -                       |
| 125              | 86,5                    | 0,9                    | 89,3                    | 0,7                    | 87,5                    | 0,7                    | 87,9                    | 0,8       | 1,1       | 93,8                    |
| 160              | 88,8                    | 0,8                    | 92,4                    | 0,7                    | 90,4                    | 0,7                    | 90,8                    | 1,1       | 1,3       | -                       |
| 200              | 88,7                    | 0,9                    | 92,1                    | 0,8                    | 90,1                    | 0,8                    | 90,5                    | 1,0       | 1,3       | -                       |
| 250              | 91,0                    | 0,8                    | 92,5                    | 0,8                    | 90,8                    | 0,8                    | 91,5                    | 0,5       | 1,0       | 96,8                    |
| 315              | 92,6                    | 0,8                    | 93,8                    | 0,7                    | 93,7                    | 0,8                    | 93,4                    | 0,4       | 0,8       | -                       |
| 400              | 92,8                    | 0,9                    | 95,2                    | 0,8                    | 94,7                    | 0,8                    | 94,4                    | 0,7       | 1,1       | -                       |
| 500              | 93,8                    | 0,7                    | 94,4                    | 0,8                    | 95,1                    | 0,8                    | 94,5                    | 0,4       | 0,9       | 99,4                    |
| 630              | 94,4                    | 0,7                    | 95,1                    | 0,7                    | 95,7                    | 0,8                    | 95,1                    | 0,4       | 0,8       | -                       |
| 800              | 95,2                    | 0,7                    | 94,9                    | 0,8                    | 96,2                    | 0,8                    | 95,5                    | 0,4       | 0,9       | -                       |
| 1000             | 96,6                    | 0,7                    | 96,0                    | 0,8                    | 95,7                    | 0,8                    | 96,1                    | 0,3       | 0,8       | 101,0                   |
| 1250             | 96,9                    | 0,7                    | 96,8                    | 0,7                    | 96,8                    | 0,7                    | 96,8                    | 0,0       | 0,7       | -                       |
| 1600             | 98,2                    | 0,7                    | 97,1                    | 0,7                    | 96,7                    | 0,7                    | 97,4                    | 0,4       | 0,8       | -                       |
| 2000             | 96,2                    | 0,7                    | 98,1                    | 0,7                    | 96,8                    | 0,7                    | 97,1                    | 0,6       | 0,9       | 101,5                   |
| 2500             | 94,0                    | 0,7                    | 96,1                    | 0,7                    | 95,9                    | 0,7                    | 95,5                    | 0,7       | 1,0       | -                       |
| 3150             | 91,6                    | 0,7                    | 92,2                    | 1,4                    | 93,3                    | 0,7                    | 92,4                    | 0,5       | 1,1       | -                       |
| 4000             | 88,1                    | 0,8                    | 88,3                    | 1,3                    | 89,1                    | 0,7                    | 88,5                    | 0,3       | 1,0       | 94,3                    |
| 5000             | 83,2                    | 0,8                    | 83,1                    | 0,8                    | 85,1                    | 0,8                    | 83,9                    | 0,6       | 1,0       | -                       |
| 6300             | 77,3                    | 1,0                    | 77,0                    | 0,8                    | 79,4                    | 1,1                    | 78,1                    | 0,8       | 1,2       | -                       |
| 8000             | 73,4                    | 1,4                    | 63,8                    | 1,2                    | 72,4                    | 2,0                    | 71,5                    | 3,3       | 3,6       | 79,2                    |
| 10000            | 69,0                    | 1,5                    | 55,6                    | 2,0                    | 67,8                    | 2,2                    | 66,8                    | 4,7       | 5,1       | -                       |

# Technisches Datenblatt

Oktavbandpegel Betriebsmodus NR IV s-1

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 / 5560 kW



## 4 Oktavbandpegel des lautesten Zustands

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 2: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$

| $v_H$ in m/s | Oktavbandmittenfrequenz in Hz |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|              | 63                            | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 12           | 84,9                          | 91,3 | 94,7 | 96,3 | 98,6 | 98,2 | 88,5 | 66,7 |

# Technisches Datenblatt

Oktavbandpegel Betriebsmodus NR VII s-1

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 / 5560 kW

## 4 Oktavbandpegel des lautesten Zustands

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 2: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$

| $v_H$ in m/s | Oktavbandmittenfrequenz in Hz |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|              | 63                            | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 12           | 83,2                          | 88,3 | 91,8 | 93,6 | 97,2 | 97,7 | 85,4 | 63,8 |

# Technisches Datenblatt

Oktavbandpegel Betriebsmodus NR V s-1

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 / 5560 kW

## 4 Oktavbandpegel des lautesten Zustands

Folgende Oktavbandpegelwerte gelten unter Berücksichtigung der im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Unsicherheiten.

Tab. 2: Oktavbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$

| $v_H$ in m/s | Oktavbandmittenfrequenz in Hz |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|              | 63                            | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 12           | 84,5                          | 90,6 | 94,2 | 95,7 | 98,3 | 98,2 | 87,8 | 66,0 |



## Anhang Teil III: Akkreditierung und Theoretische Grundlagen



### Deutsche Akkreditierungsstelle

## Anlage zur Akkreditierungsurkunde D-PL-21488-01-00 nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018

Gültig ab: **14.12.2022**

Ausstellungsdatum: 14.12.2022

Inhaber der Akkreditierungsurkunde:

**Ramboll Deutschland GmbH**

mit den Standorten:

**Elisabeth-Consbruch-Straße 3, 34131 Kassel**

**Lister Straße 9, 30163 Hannover**

Das Prüflaboratorium erfüllt die Mindestanforderungen gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 und gegebenenfalls zusätzliche gesetzliche und normative Anforderungen, einschließlich solcher in relevanten sektoralen Programmen, um die nachfolgend aufgeführten Konformitätsbewertungstätigkeiten durchzuführen.

Die Anforderungen an das Managementsystem in der DIN EN ISO/IEC 17025 sind in einer für Prüflaboratorien relevanten Sprache verfasst und stehen insgesamt in Übereinstimmung mit den Prinzipien der DIN EN ISO 9001.

**Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen von Windenergieanlagen (WEA) einschließlich Prüfung windklimatologischer Eingangsdaten; Bestimmung des Referenzertrages; Bestimmung der Standortgüte; Durchführung und Auswertung von Windmessungen zur Bestimmung des Windpotenzials; Verifizierung von Fernmessgeräten (Lidar und Sodar), Erstellung von Schallimmissionsprognosen für Windenergieanlagen; Erstellung von Schattenwurfprognosen für Windenergieanlagen; Erstellung von Gutachten zur natürlichen Umgebungsturbulenz von Windenergieanlagenstandorten auf der Grundlage der Berechnung von Turbulenzintensitäten**

Innerhalb der mit \* gekennzeichneten Prüfverfahren ist dem Prüflaboratorium, ohne dass es einer vorherigen Information und Zustimmung der DAkKS bedarf, die Anwendung der hier aufgeführten genormten oder ihnen gleichzusetzenden Prüfverfahren mit unterschiedlichen Ausgabeständen gestattet.

Das Prüflaboratorium verfügt über eine aktuelle Liste aller Prüfverfahren im flexiblen Akkreditierungsbereich.

*Diese Urkundenanlage gilt nur zusammen mit der schriftlich erteilten Urkunde und gibt den Stand zum Zeitpunkt des Ausstellungsdatums wieder. Der jeweils aktuelle Stand der gültigen und überwachten Akkreditierung ist der Datenbank akkreditierter Stellen der Deutschen Akkreditierungsstelle zu entnehmen ([www.dakks.de](http://www.dakks.de))*

Verwendete Abkürzungen: siehe letzte Seite

Seite 1 von 3

# Theoretische Grundlagen

## Inhalte

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>1</b> | <b>ALLGEMEINES ZUM SCHALL</b>                                    | <b>II</b>  |
| 1.1      | Hörbarer Schall  | II         |
| 1.2      | Schallausbreitung und Vorschriften                               | II         |
| 1.3      | Schalleistungs-, Schalldruck-, Mittelungs- und Beurteilungspegel | IV         |
| 1.4      | Vorbelastung, Zusatz- und Gesamtbelastung                        | V          |
| 1.5      | Schallimmissionen von Windenergieanlagen                         | V          |
| <b>2</b> | <b>IMMISSIONSPROGNOSE</b>  | <b>VI</b>  |
| 2.1      | Normative Grundlagen   | VI         |
| 2.2      | Berechnungsgrundlagen  | VI         |
| 2.3      | Tieffrequente Geräusche und Infraschall                          | XI         |
| <b>3</b> | <b>GENEHMIGUNGSFESTSETZUNGEN UND RECHTSKONFORMER BETRIEB</b>     | <b>XII</b> |
| 3.1      | Kontrolle des genehmigungskonformen Betriebs                     | XII        |
| 3.2      | Aufnahme des Nachtbetriebs                                       | XIII       |
| <b>4</b> | <b>QUELLENVERZEICHNIS – THEORETISCHER TEIL</b>                   | <b>XIV</b> |

# 1 Allgemeines zum Schall

## 1.1 Hörbarer Schall

Der Schall besteht aus Luftdruckschwankungen, die vom menschlichen Ohr wahrgenommen werden. Abbildung 1 zeigt den Hörbereich des menschlichen Ohrs in einem logarithmischen Maßstab.

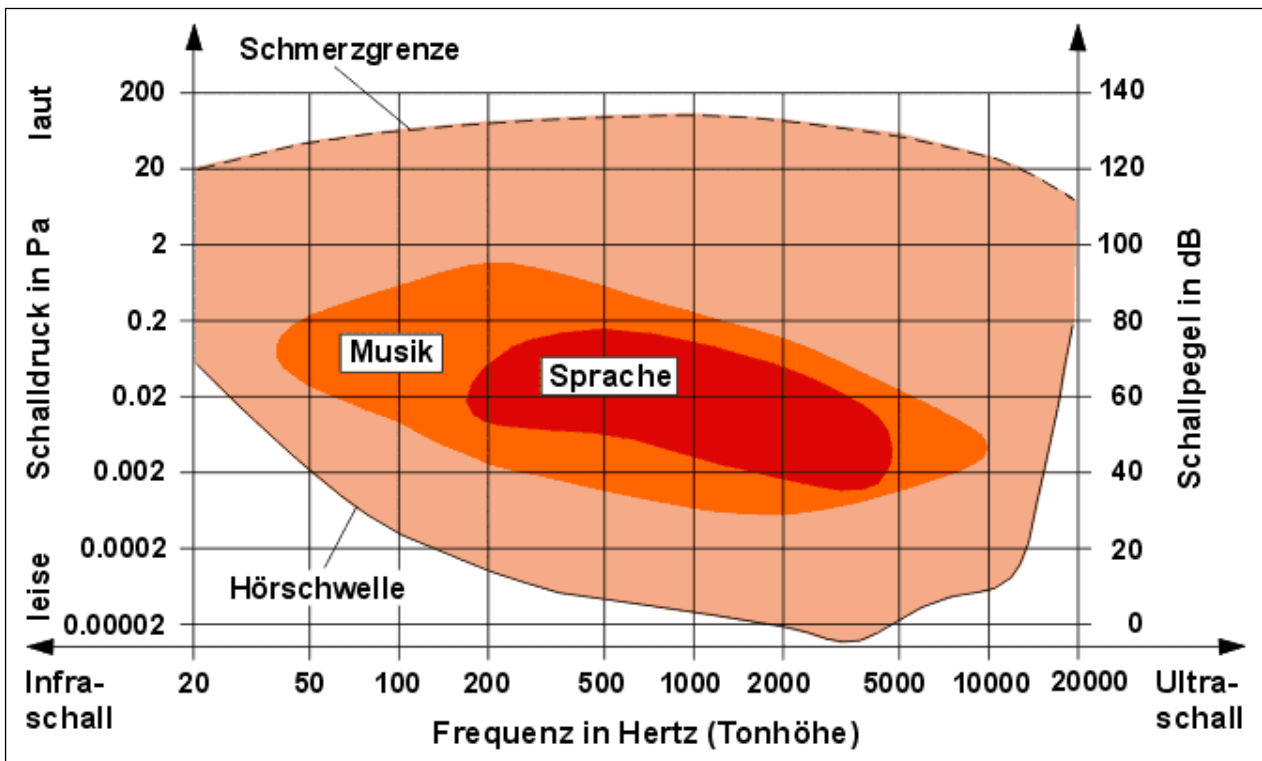


Abbildung 1: Hörbereich des Menschen [1]

Der hörbare Bereich liegt zwischen ca. 20 Hz (Hertz) und 20.000 Hz. Das Ohr nimmt Druckschwankungen im mittleren Frequenzbereich ab ca.  $2 \times 10^{-5}$  Pascal (Pa) (= 0 dB) wahr, ab 20 Pa (110 dB) wird der Schall als schmerzhaft wahrgenommen. Der Schall unter 20 Hz wird als Infraschall, der Schall über 20.000 Hz als Ultraschall bezeichnet.

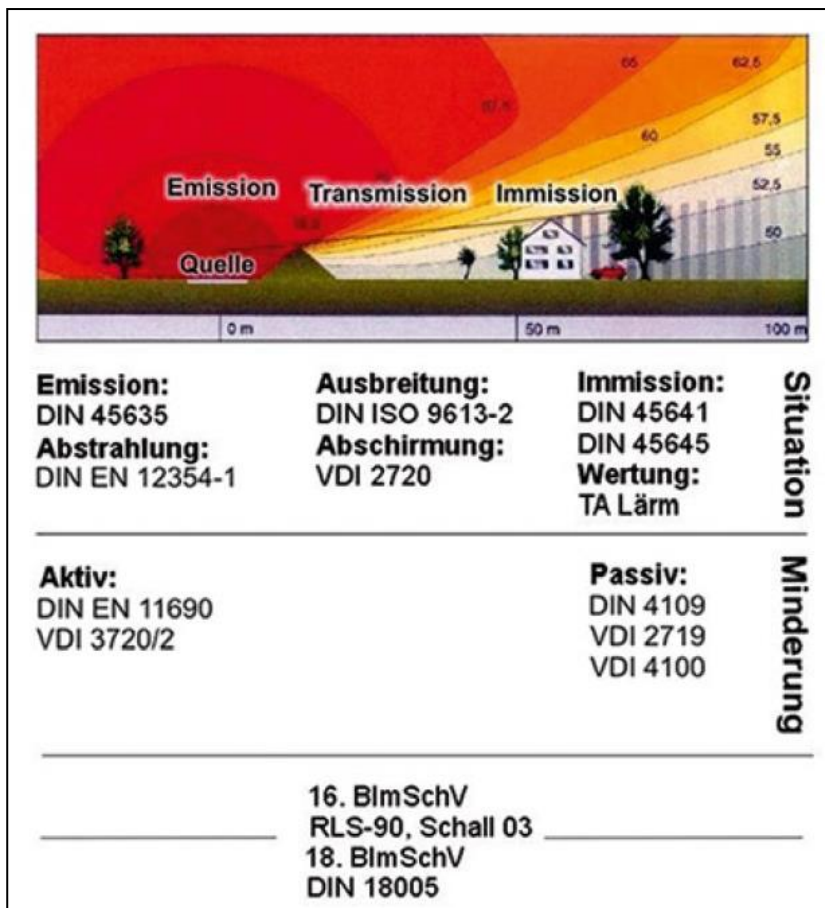
## 1.2 Schallausbreitung und Vorschriften

Abbildung 2 zeigt den Zusammenhang von Schallentwicklung, -ausbreitung und -immission sowie die entsprechenden Vorschriften und Richtlinien.

- **Emissionen** sind im Allgemeinen die von einer Anlage (Quelle) ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Erscheinungen.
- **Transmission** ist die Ausbreitung der von einer Quelle emittierten Umweltbelastungen, z.B.

die Schallausbreitung. Die Umgebung wirkt dabei dämpfend auf die von der Quelle ausgestrahlten Belastungen.

- **Immissionen** sind die auf Natur, Tiere, Pflanzen und den Menschen einwirkenden Belastungen (Luftverunreinigung, Lärm etc.) sowie lebenswichtige Strahlung (Sonne, Licht, Wärme), die sich aus sämtlichen Quellen überlagert.



**Abbildung 2: Normen und Grundlagen zum Schall [2]**

Die gesetzliche Grundlage für die Problematik 'Emission – Transmission – Immission' bildet das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) [3]. Bauliche Anlagen müssen von den Gewerbeaufsichts- bzw. Umweltämtern auf Basis der 'Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm' (TA-Lärm [4]) auf ihre Verträglichkeit gegenüber der Umwelt und dem Menschen geprüft werden. Als Richtlinien für die Beurteilung (damit auch die Bemessung) der Lärmproblematik gelten die in Abbildung 2 erwähnten Normen nach DIN und VDI. Die Fachbehörden des Bereiches Immissionsschutz beurteilen die Lärmimmissionen baulicher Anlagen.

In der Baunutzungsverordnung (BauNVO [5]) sind die Baugebietsarten festgelegt, denen nach der TA Lärm [4] eine immissionsschutzrechtliche Schutzwürdigkeit zugeordnet ist. So gelten nachts folgende Immissionsrichtwerte außerhalb von Gebäuden:

|           |   |
|-----------|---|
| 35 dB (A) | für reine Wohn-, Erholungs- bzw. Kurgebiete                         |
| 40 dB (A) | für allgemeine Wohn- und Kleinsiedlungsgebiete                      |
| 45 dB (A) | für Kern-, Misch- und Dorfgebiete ohne Überwiegen einer Nutzungsart |
| 50 dB (A) | für Gewerbegebiete (vorwiegend gewerbliche Anlagen).                |

### 1.3 Schalleistungs-, Schalldruck-, Mittelungs- und Beurteilungspegel

Die kennzeichnende Größe für die Geräuschemission einer Windenergieanlage wird durch den Schalleistungspegel  $L_W$  beschrieben. Der Schalleistungspegel  $L_{WA}$  ist der maximale Wert in Dezibel [dB] (A-bewertet), der von einer Geräusch- oder Schallquelle (Emissionsort, WEA) abgestrahlt wird. Eine Windenergieanlage verursacht im Bereich des hörbaren Frequenzbandes unterschiedlich laute Geräusche. Da das menschliche Gehör Schall mit unterschiedlicher Frequenz, bei gleichem Leistungspegel unterschiedlich stark wahrnimmt (siehe Abb. 2), wird in der Praxis der Schalleistungspegel über einen Filter gemessen, der an die Hörcharakteristik des Menschen angepasst ist. So können verschiedenartige Geräusche miteinander verglichen und bewertet werden. Dieser über einen Filter (mit der Charakteristik „A“ nach [6]) gemessene Schalleistungspegel wird „A-bewerteter Schallpegel“ genannt und ist der Wert der Schallquelle, der für die Berechnung der Schallausbreitung nach der DIN ISO 9613-2 [7] verwendet wird.

Der Schall breitet sich kugelförmig um die Geräuschquelle aus und nimmt hörbar mit seinem Abstand zu ihr logarithmisch ab. Dabei wirken Bebauung, Bewuchs und sonstige Hindernisse dämpfend. Die Luft absorbiert den Schall. Reflexionen (z. B. am Boden) und weitere Geräuschquellen wirken lärmverstärkend. Die Schallausbreitung erfolgt hauptsächlich in Windrichtung.

Der Schalldruckpegel  $L_S$  ist der momentane Wert in dB, der an einem beliebigen Immissionsort (z.B. Wohngebäude) in der Umgebung einer oder mehrerer Geräusch- oder Schallquellen gemessen (z.B. mit Mikrofon, Schallmessung) werden kann.

Der Mittelungspegel  $L_{Aeq}$  ist der zeitlich energetisch gemittelte Wert des Schalldruckpegels (für WEA: innerhalb eines Windgeschwindigkeit-BINs). Der für die Prognose verwendete Schalleistungspegel  $L_{WA}$  entspricht dem nach FGW-Richtlinie [8] ermittelten, maximalen Schalleistungspegel innerhalb des gesamten Betriebsbereiches einer WEA.

Die genaue Verfahrensweise zur Durchführung einer Schallemissionsmessung zur Ermittlung des Schalleistungspegels von WEA kann der entsprechenden Norm bzw. technischen Richtlinie [9], [8] entnommen werden.

Der Beurteilungspegel  $L_{rA}$  resultiert aus dem Mittelungspegel und den Zuschlägen aus der Ton- und Impulshaltigkeit aller Geräuschquellen unter Berücksichtigung der meteorologischen Dämpfung. Die an den Immissionsorten einzuhaltenden Immissionsrichtwerte beziehen sich auf den Beurteilungspegel.

## 1.4 Vorbelastung, Zusatz- und Gesamtbelastung

Existieren in der Nähe eines Standorts bereits Geräuschquellen (z.B. Windenergieanlagen, Biogasanlagen, gewerbliche Anlagen) oder befinden sich in Planung, so sind diese als Vorbelastung zu berücksichtigen und die neu geplante(n) Anlage(n) als Zusatzbelastung zu bewerten. Die Gesamtbelastung ergibt sich aus der energetischen Addition der Geräusche aller zu berücksichtigenden Anlagen.

## 1.5 Schallimmissionen von Windenergieanlagen

Die Schallquellen bei Windenergieanlagen sind im Wesentlichen die aerodynamischen Geräusche an den Blattspitzen, das Getriebe (sofern vorhanden) und der Generator. Je nach Betriebszustand und Leistung treten die Geräusche aus den verschiedenen Quellen unterschiedlich dominant auf, sind jedoch überwiegend durch das Blatt geprägt. Die Schallabstrahlung einer WEA ist nicht konstant, sondern in erster Linie von der Blattspitzengeschwindigkeit und damit von der Leistung der WEA bzw. von der Windgeschwindigkeit abhängig. Der immissionsrelevante Schallleistungspegel wurde früher bei  $v_{10} = 8$  m/s angegeben. Ab dieser Windgeschwindigkeit übertönen im Allgemeinen die durch Wind bedingten Umgebungsgeräusche (Rauschen von Blättern, Abrissgeräusche an Häuserkanten, Ästen usw.) die Anlagengeräusche, da sie mit der Windgeschwindigkeit stärker als die Anlagengeräusche zunehmen (ca. 1,5 dB(A) pro m/s Windgeschwindigkeitszunahme). Zwischenzeitlich hatte sich die Vorgehensweise durchgesetzt, dass die Prognose mit dem Schallleistungspegel bei  $v_{10} = 10$  m/s oder mit dem Wert bei Erreichen von 95 % der Nennleistung, erstellt wird. Mittlerweile ist es gängige Praxis, den lautesten Betriebszustand der WEA als Emissionsansatz zu wählen, unabhängig von der Windgeschwindigkeit. Dieser Betriebszustand wird je nach Standort nur in etwa 10-20 % der Zeit erreicht.

In kritischen Fällen können die meisten WEA nachts in einem schallreduzierten Betriebszustand gefahren werden, in dem die Drehzahl des Rotors und einhergehend damit die Rotorblattgeräusche reduziert werden. Dadurch verschlechtert sich der Wirkungsgrad des Rotors und viele WEA können durch das begrenzte Drehmoment (bzw. Strom des Wechselrichters) nicht mehr mit Nennleistung betrieben werden. Daher ist der schallreduzierte Betrieb meist mit einer reduzierten maximalen Leistung verbunden.



## 2 Immissionsprognose

### 2.1 Normative Grundlagen

Die Prognosen sind nach der Technischen Anleitung Lärm (TA-Lärm [4]) als detaillierte Prognose anhand der DIN ISO 9613-2 [7] zu erstellen, wobei evtl. bestehende Vorbelastungen durch gewerbliche Geräusche an den Immissionsorten berücksichtigt werden müssen. Die DIN ISO 9613-2 gilt für die Berechnung bei bodennahen Quellen (bis 30 m mittlere Höhe zwischen Quelle und Empfänger; s. Kapitel 9, Tabelle 5). Zur Anpassung des Prognoseverfahrens auf hochliegende Quellen hat der Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) auf Basis neuerer Untersuchungsergebnisse und auf Basis theoretischer Berechnungen ein Interimsverfahren [10] veröffentlicht. Für WKA als hochliegende Schallquellen (> 30 m) sind diese neueren Erkenntnisse mittlerweile in allen Bundesländern im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen. Die Immissionsprognose ist daher nach dem Interimsverfahren – sowohl für Vorbelastungsanlagen als auch für neu beantragte Anlagen – frequenzselektiv durchzuführen. Hierbei sind zur Berechnung der Luftabsorption die Luftdämpfungskoeffizienten  $\alpha$  nach Tabelle 2 der DIN ISO 9613-2 [2] für die relative Luftfeuchte 70 % und die Lufttemperatur von 10° C anzusetzen.

### 2.2 Berechnungsgrundlagen

#### 2.2.1 Eingangsdaten

In der Regel werden bei der schalltechnischen Vermessung von Windenergieanlagen der A-bewertete mittlere Schallleistungspegel  $L_{WA}$  sowie nach FGW-Richtlinie [8] oktavbandbezogene Werte  $L_{WA,Okt}$  ermittelt. Bei noch nicht vermessenen WEA sind nach LAI Hinweisen [11] auch Herstellerangaben heranziehbar, die im Allgemeinen nur geringfügig von Vermessungen abweichen und in der Prognose mit entsprechenden Unsicherheitszuschlägen beaufschlagt werden (siehe Kapitel 2.2.2). Die verwendeten Angaben zum Schallleistungspegel  $L_{WA,Okt}$  beziehen sich auf den lautesten Gesamtschallleistungspegel des WEA-Typs im jeweiligen Betriebsmodus. Die WEA werden im Modell als Punktschallquellen nachgebildet.

#### 2.2.2 Unsicherheiten

Auf die Oktavdaten  $L_{WA,Okt}$  wird ein Aufschlag entsprechend der Quelle der Daten angewendet. Der Zuschlag  $\Delta L_o$  zum oberen Vertrauensbereich wurde, soweit keine anderen Angaben aus den Genehmigungsunterlagen vorlagen, nach den Hinweisen der LAI [11] wahrscheinlichkeitsmathematisch aus den Unsicherheiten für die Serienstreuung  $\sigma_P$ , die Typvermessung  $\sigma_R$  und die Prognoseunsicherheit  $\sigma_{Prog}$  ermittelt. Sie können für jede WEA dem Kapitel 3.2 des Berichts entnommen werden.

Die Unsicherheit der Angabe des Schallleistungspegels, bestehend aus Messunsicherheit und Serienstreuung kann als  $\sigma_{WEA}$  zusammengefasst werden:

$$\sigma_{WEA} = \sqrt{\sigma_P^2 + \sigma_R^2}$$

Der Zuschlag  $\Delta L_o$  für das 90%-Vertrauensintervall wird emissionsseitig auf die Oktav-Schallleistungspegel  $L_{WA,Okt}$  der WEA aufgeschlagen:

$$L_{o,Okt} = L_{WA,Okt} + \Delta L_o \quad \text{mit } \Delta L_o = 1,28 \times \sigma_{ges},$$

$$\sigma_{ges} = \sqrt{\sigma_P^2 + \sigma_R^2 + \sigma_{Prog}^2} \quad \text{bzw.} \quad \sigma_{ges,i} = \sqrt{\sigma_{LWA,i}^2 + \sigma_{Prog}^2}$$

Der statistische Ausgleich der Unsicherheiten mehrerer Quellen wird bei diesem Verfahren nicht betrachtet. Daher liegen die berechneten Beurteilungspegel  $L_{r,o}$  über den statistisch wahrscheinlich auftretenden Immissionspegeln.

Da bei einer Abnahmemessung der WEA die Unsicherheit des Prognosemodells keine Berücksichtigung findet, empfehlen die LAI-Hinweise [11] die Festschreibung der Oktav-Schalleistungspegel nur mit den WEA-immanenten Unsicherheiten  $\sigma_R$  und  $\sigma_P$ :

$$L_{e,max,Okt} = L_{WA,Okt} + \Delta L_{e,max} \quad \text{mit } \Delta L_{e,max} = 1,28 \times \sqrt{\sigma_P^2 + \sigma_R^2}$$

### 2.2.3 Zuschläge für Einzeltöne (Tonhaltigkeit) $K_T$

Als Quellen für tonhaltige Geräusche an einer WEA sind in erster Linie drehende mechanische Teile wie beispielsweise Getriebe, Generatoren, Azimutmotoren sowie Hydraulikanlagen zu nennen. Tonhaltigkeiten im Anlagengeräusch sollen konstruktiv vermieden bzw. auf ein Minimum reduziert werden. Basierend auf der bei einer Emissionsmessung gemessenen Tonhaltigkeit im Nahbereich  $K_{TN}$  gilt für Entfernungen über 300 m folgender Tonzuschlag  $K_T$ :

$$K_T = 0 \quad \text{für } 0 \leq K_{TN} \leq 2$$

Die Zuschläge für Impuls- und Tonhaltigkeit der Anlagen werden in der Regel bei Schallemissionsmessungen durch autorisierte Institute bewertet und werden in den Berichten zur schalltechnischen Vermessung dokumentiert. Sie werden ebenfalls in den technischen Unterlagen der WEA-Hersteller angegeben.

Sofern für eine WEA ein  $K_{TN} = 2$  dB im Nahbereich ausgewiesen wird, ist über Messungen in immissionsrelevanter Entfernung zu bestimmen, inwiefern Tonhaltigkeiten dort auftreten und ggf. technische Minderungsmaßnahmen an der WEA vorzunehmen. WEA, die im Nahbereich höhere

tonhaltige Geräuschemissionen hervorrufen, entsprechen nicht dem Stand der Technik [11].

#### 2.2.4 Zuschläge für Impulse (Impulshaltigkeit) $K_I$

Impulshaltige Geräusche also Geräusche mit periodischen oder kurzfristige starken Geräuschpegeländerungen werden als besonders störend empfunden. Die Beurteilung, ob eine Impulshaltigkeit gegeben ist, kann nach DIN 45645 durchgeführt werden. Enthält das Anlagengeräusch (A-bewerteter Schallpegel) öfter, d.h. mehrmals pro Minute, deutlich hervortretende Impulsgeräusche oder ähnlich auffällige Pegeländerungen (laut Messung), dann ist nach TA Lärm die durch solche Geräusche hervorgerufene erhöhte Störwirkung durch einen Zuschlag zum Mittelungspegel zu berücksichtigen. Dieser Zuschlag  $K_I$  beträgt je nach Auffälligkeit des Tons 3 oder 6 dB(A). In der Praxis werden impulshaltige Geräusche konstruktiv vermieden; ihr Auftreten entspricht somit nicht dem Stand der Technik.

Im Nahbereich einer WEA ist das während des Rotorumlafs jeweils nächstliegende Rotorblatt für einen Betrachter am Boden kurzfristig (und periodisch) lauter. Dieser Effekt tritt mit zunehmender Entfernung von der WEA und der Vergleichmäßigung der einzelnen Blattermissionen im Fernbereich ab 300-500 m jedoch nicht mehr auf. Weitere Quellen für impulshaltige Geräusche bei WEA gibt es in der Regel nicht, so dass die Impulshaltigkeit für eine Schallimmissionsprognose i.d.R. nicht relevant ist.

#### 2.2.5 Ausbreitungsrechnung

Die Emissionsdaten der WEA werden bei der Transmission zum Immissionsort verschiedenen Dämpfungen unterworfen, die in der DIN ISO 9613-2 [7] beschrieben und hier dargestellt werden. Die Dämpfungswerte werden frequenzselektiv für die Oktavbandfrequenzen von 62,5 Hz bis 8.000 Hz verwendet, um die resultierende Dämpfung für die Schallausbreitung zu berechnen. Der Dauerschalldruckpegel jeder einzelnen Quelle am Immissionsort berechnet sich nach [7] und [10] dann wie folgt:

$$L_{IT} (DW) = L_{WA} + D_C - A \quad (1)$$

- **$L_{WA}$ : Oktavband-Schallleistungspegel** der Punktschallquelle, in Dezibel, bezogen auf eine Bezugsschallleistung von einem Picowatt (1 pW), A-bewertet.
- **$D_C$ : Richtwirkungskorrektur**, die beschreibt, um wieviel der von der Punktquelle erzeugte äquivalente Dauerschalldruckpegel in der festgelegten Richtung von dem Pegel einer gerichteten Punktschallquelle mit einem Schallleistungspegel  $L_W$  abweicht.  $D_C$  ist gleich dem Richtwirkungsmaß  $D_I$  der Punktschallquelle zuzüglich eines Richtwirkungsmaßes  $D_\Omega$ , dass eine Schallausbreitung im Raumwinkel von weniger als  $4\pi$  Sterad berücksichtigt. Die

Richtwirkungskorrektur ist bei Anwendung des bisher verwendeten Alternativen Verfahrens nach [4] anzuwenden, um der Bodenreflexion Rechnung zu tragen. Durch den pauschalen Ansatz der negativen Bodendämpfung nach dem Interimsverfahren entfällt diese und es wird  $D_C = 0$  gesetzt.

- **A: Dämpfungen** zwischen der Punktquelle (WEA-Gondel) und dem Immissionsort, die bei der Schallausbreitung vorherrscht. Sie bestimmt sich aus den folgenden Dämpfungsarten:

$$A = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}} \quad (2)$$

$A_{\text{div}}$ : Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung:

$$A_{\text{div}} = 20 \lg (d / 1 \text{ m}) + 11 \text{ dB} \quad (3)$$

d: Abstand zwischen Quelle und Immissionsort.

$A_{\text{atm}}$ : Dämpfung durch die Luftabsorption

$$A_{\text{atm}} = \alpha d / 1000 \quad (4)$$

Nach den Hinweisen der LAI [11] soll das Oktavspektrum als Eingangsdaten für die Berechnungen verwendet werden. Nach DIN ISO 9613-2 [7] kann die Luftdämpfung in jedem Oktavband mit dem jeweiligen Luftdämpfungskoeffizient berechnet werden (statt wie bei 500 Hz-Mittenpegeln mit einem statischen Wert von 1,9 dB(A)/km). Die Dämpfungskoeffizienten für jedes Oktavband werden aus Tab. 2 DIN ISO 9513-2 [7] für meteorologische Bedingungen von 10°C und 70% Luftfeuchte übernommen, was günstige Schallausbreitungsbedingungen bzw. eine geringe Dämpfung bedingt und somit einen konservativen Ansatz darstellt. Die frequenzabhängige Dämpfung spiegelt die realen akustischen Transmissionsbedingungen in Luft besser wider, als der pauschale Ansatz mittels eines Mittenpegels und führt so zu realistischeren Ergebnissen.

**Tabelle 1: Parameter Luftabsorption**

| Temperatur | Rel. Feuchte | Luftdämpfungskoeffizient $\alpha$ , dB/km (gem. DIN ISO 9613-2 [7]) |     |     |     |      |      |      |      |
|------------|--------------|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|            |              | Bandmittenfrequenz, Hz  |     |     |     |      |      |      |      |
| °C         | %            | 63  | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 10         | 70           | 0,1   | 0,4 | 1,0 | 1,9 | 3,7  | 9,7  | 32,8 | 117  |

$A_{\text{gr}}$ : Bodendämpfung:

Die Bodendämpfung ergibt sich in der Hauptsache aus dem Reflexionsgrad von

Schall an einer Bodenoberfläche zwischen Quelle und Empfänger [7]. Die DIN ISO 9613-2 erlaubt zwei verschiedene Verfahren zur Ermittlung der Bodendämpfung, nämlich das Standardverfahren und das Alternative Verfahren. Das Interimsverfahren [11] modifiziert die Berechnung der Bodendämpfung durch eine pauschale Annahme von  $A_{gr} = -3 \text{ dB(A)}$ . Dies entspricht einer negativen Dämpfung, also einer Zunahme des Pegels auf Empfängerseite und kann als Bodenreflexionseffekt interpretiert werden.

$$A_{gr} = -3 \text{ dB} \quad (5)$$

nach dem Interimsverfahren.

$A_{bar}$ : Dämpfung aufgrund von Abschirmung.

und

$A_{misc}$ : Dämpfung aufgrund verschiedener weiterer Effekte (Bewuchs, Bebauung, Industrie).

In den Berechnungen wird bei Verwendung der Software windPRO konservativ ohne Abschirmung und weiterer Effekte gerechnet:  $A_{bar} = 0$ ,  $A_{misc} = 0$ . In Einzelfällen (v. a. bei Verwendung von Schallausbreitungsberechnungssoftware wie IMMI) können die Abschirmung oder weitere Effekte berücksichtigt werden. Dies wird dann explizit im Fließtext ausgewiesen. Die Berechnung erfolgt dann nach DIN ISO 9613-2 Kap. 7.4. bzw. Anhang A.

In der Praxis dämpfen u. U. Bebauung und Bewuchs den Schall ( $A_{bar}$ ,  $A_{misc} > 0$ ), so dass die tatsächlichen Immissionswerte unter jenen der Prognose liegen.

## 2.2.6 Überlagerung mehrerer Schallquellen

Die Berechnungsterme der Schallimmissionsprognose nach DIN ISO 9613-2 5.4.3.3 [12] gehen bei der Schallausbreitungsberechnung von einer Mitwindsituation für jede Anlagen-Immissionsort-Beziehung aus. Dies tritt in der Realität nicht auf, da die Anlagen im Regelfall räumlich verteilt sind und nicht alle gleichzeitig in Mitwindrichtung zum Immissionsort stehen. In der Berechnung werden somit also Worstcase-Bedingungen für die Windsituation angenommen.

Liegen den Berechnungen mehrere Schallquellen (z. Bsp. bei Windparks) zugrunde, so überlagern sich die einzelnen Schalldruckpegel  $L_{ATi}$  entsprechend den Abständen zum betrachteten Immissionsort. In der Bewertung der Lärmimmission nach TA-Lärm ist der aus allen Schallquellen resultierende Schalldruckpegel  $L_{AT}$  unter Berücksichtigung der Zuschläge nach der folgenden

Gleichung zu ermitteln:

$$L_{AT}(LT) = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{ATi} - C_{met} + K_{Ti} + K_{Ii})} \quad (6)$$

$L_{AT}$ : Beurteilungspegel am Immissionsort

$L_{ATi}$ : Schallimmissionspegel am Immissionsort einer Emissionsquelle  $i$

$i$ : Index für alle Geräuschquellen von 1-n

$K_{Ti}$ : Zuschlag für Tonhaltigkeit einer Emissionsquelle  $i \rightarrow$  i.d.R = 0, s.u.

$K_{Ii}$ : Zuschlag für Impulshaltigkeit einer Emissionsquelle  $i \rightarrow$  i.d.R = 0, s.u.

$C_{met}$ : Meteorologische Korrektur.

Die meteorologische Korrektur wird nach [7] in Abhängigkeit von dem Verhältnis von Entfernung zwischen Quelle und Empfänger und deren Höhen berechnet und beträgt für Windenergieanlagen im Regelfall null. Dieser Wert wird durch das Interimsverfahren standardmäßig null ( $C_{met} = 0$ ) gesetzt.

## 2.3 Tieffrequente Geräusche und Infraschall

Als tieffrequente Geräusche werden Geräusche bezeichnet, deren vorherrschende Energieanteile in einem Frequenzbereich unter 90 Hz liegen (vgl. Ziffer 7.3 TA Lärm). Tieffrequente Geräusche werden bei Windenergieanlagen schalltechnisch vermessen und werden ab 50 Hz in den Oktavband-Schalleistungspegeln berücksichtigt. Die vermessenen Schalleistungspegel im Frequenzbereich unter 100 Hz liegen regelmäßig deutlich unter den im Frequenzbereich von 100 – 4000 Hz gemessenen Schalleistungspegeln. Infraschall bezeichnet Schall in einem Frequenzbereich unter 20 Hz.

Die derzeit bekannten Untersuchungen, Messungen und Studien [13][14][15][16][17] zu Infraschall und tieffrequenten Geräuschen von Windenergieanlagen zeigen, dass sich bei den aus den Bestimmungen der TA-Lärm resultierenden Abständen von WEA zu Wohngebäuden an den Immissionsorten keine Gefährdung oder Belästigung ergibt, da die auftretenden Pegel im Infraschallbereich weit unter der Wahrnehmungs- und Hörschwelle und im Bereich von tieffrequenten Geräuschen (20-90 Hz) unter oder geringfügig über der Hörschwelle liegen.



### 3 Genehmigungsfestsetzungen und rechtskonformer Betrieb

#### 3.1 Kontrolle des genehmigungskonformen Betriebs

Nach Nr. 5.2 der LAI-Hinweise [11]<sup>1</sup> ist das Oktavspektrum der WEA ( $L_{WA,Okt}$ ) inklusive der angesetzten WEA-immanenten Unsicherheiten ( $\sigma_P$  und  $\sigma_R$ , also  $L_{e,max,Okt}$ ) als rechtlich zulässiges Maß für die Emissionen der WEA genehmigungsrechtlich festzulegen ( $L_{genehmigt,Okt} = L_{e,max,Okt}$ )<sup>2</sup> (siehe Kapitel 3 im Bericht). Anhand des festgelegten Oktavspektrums  $L_{genehmigt,Okt}$  kann bei einer Abnahmemessung beurteilt werden, ob das zulässige Maß an Emission als eingehalten angesehen und somit ein genehmigungskonformer Betrieb nachgewiesen werden kann.

Bei einer emissionsseitigen<sup>3</sup> Abnahmemessung soll die folgende Ungleichung erfüllt sein. Ist sie erfüllt, ist der Nachweis für einen genehmigungskonformen Betrieb abgeschlossen:

$$L_{W,Messung,Okt} + 1,28 \times \sigma_R \leq L_{genehmigt,Okt} \quad 4$$

Das gemessene Oktavspektrum einer Abnahmemessung  $L_{W,Messung,Okt}$  (ggfs. inklusive der Messunsicherheit) kann das festgelegte Spektrum  $L_{genehmigt,Okt}$  in einzelnen Oktaven überschreiten. Entscheidend in diesem Fall ist der Nachweis auf Nichtüberschreitung der Vergleichswerte  $L_{V,WEA,IP}$  (Teilimmissionspegel jeder WEA an jedem IO auf Basis von  $L_{e,max,Okt}$ ) durch eine der Abnahmemessung folgende Ausbreitungsrechnung mit dem höchsten bei der Abnahmemessung gemessenen Oktavspektrum:

$$L_{r(Messung,max),IP,Okt} + 1,28 \times \sigma_R \leq L_{V,WEA,IP} \quad 45$$

Die Werte für  $L_{V,WEA,IP}$  können dem Anhang entnommen werden (Berechnung „Zusatzbelastung mit  $L_{e,max,Okt}$ “ (bzw.  $L_{r,o,Zusatzbelastung}$  für SH), Detaillierte Ergebnisse).

<sup>1</sup> ausführlich z. B. in Agatz [21].

<sup>2</sup> In Schleswig-Holstein ist abweichend zu den LAI-Hinweisen der reine  $L_{WA,Okt}$  festzulegen, ohne o.g. WEA-Unsicherheiten [22]:  $L_{genehmigt,Okt} = L_{WA,Okt}$ .

<sup>3</sup> Immissionsmessungen zum Nachweis des genehmigungskonformen Betriebs werden nach LAI Hinweisen [11] sowie LANUV [19] nicht empfohlen. Der Vollständigkeit halber gilt: bei einer Immissionsmessung sollte die folgende Ungleichung erfüllt sein:  $L_{r,IO} + 1,28 \times \sigma_R \leq L_{r,o,IO}$ .

<sup>4</sup> Für Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein gilt laut LANUV bzw. LLUR: Das gemessene Oktavspektrum  $L_{W,Messung,Okt}$  ist ohne Beaufschlagung mit der Messunsicherheit zur Nachweisführung heranzuziehen [19] [20] [22].

<sup>5</sup> In SH entspricht  $L_{V,WEA,IP}$  dem  $L_{r,Prognose}$ , also dem  $L_r$  auf Basis von  $L_{WA,Okt} + 1,28 \times \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_{Prog}^2}$ .

### 3.2 Aufnahme des Nachtbetriebs

Für den Fall, dass eine aufschiebende Formulierung zur Aufnahme des Nachtbetriebs vorgesehen ist, ist der Nachweis zur Aufnahme durch Vorlage einer Vermessung zu führen. Diese kann auch an einer anderen WEA gleichen Typs und Betriebsmodus erfolgen.

$$L_{W, \text{Messung, Okt}} + 1,28 \times \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2 + \sigma_{Prog}^2} \leq L_{o, \text{Okt}}$$

Die Parameter  $\sigma_R$  und  $\sigma_P$  sind hier abhängig von der Mess- und Nachweiskonstellation (Dreifachvermessung  $\rightarrow \sigma_P = s$  [Standardabweichung], Messung an derselben WEA  $\rightarrow \sigma_P = 0$ ).

Das Oktavspektrum einer Vermessung (inklusive Unsicherheiten) kann das der Prognose zugrundeliegende Spektrum  $L_{o, \text{Okt}}$  in einzelnen Oktaven überschreiten. Entscheidend in diesem Fall ist der Nachweis auf Nichtüberschreitung der Beurteilungspegel  $L_{r, o}$  (Beurteilungspegel der Zusatzbelastung auf Basis von  $L_{o, \text{Okt}}$ ) durch eine der Messung folgende Ausbreitungsrechnung:

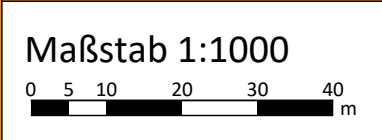
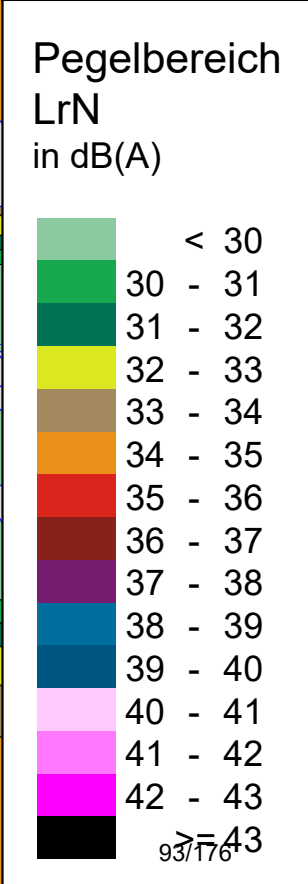
$$L_{r, \text{Messung}} + 1,28 \times \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2 + \sigma_{Prog}^2} \leq L_{r, o}$$

Die Werte für  $L_{r, o}$  können dem Anhang entnommen werden (Berechnungsausdrucke Zusatzbelastung).

## 4 Quellenverzeichnis – theoretischer Teil

- [1] LUBW, Amt für Umweltschutz - Abt. Stadtklimatologie, Stuttgart, 2019.
- [2] WMBW, Städtebauliche Lärmfibel Online, Stuttgart: Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg / Amt für Umweltschutz Stuttgart, 2019.
- [3] BImSchG, *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 2. Juli.*
- [4] TA\_Lärm, *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm)*, (GMBI S. 503), 1998.
- [5] BauNVO, Baunutzungsverordnung, 26. Juni 1962, Letzte Änderung 13. Mai 2017.
- [6] Norm, DIN EN 61672-1:2014-07, Vols. Elektroakustik - Schallpegelmesser - Teil 1: Anforderungen (IEC 61672-1:2013); Deutsche Fassung EN 61672-1:2013, 2014-07.
- [7] Norm, *DIN ISO 9613-2:1999-10, Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren.*
- [8] FGW - Fördergesellschaft Windenergie e.V., Technische Richtlinien für Windenergieanlagen - Teil 1 (TR 1) – Bestimmung der Schallemissionswerte, Revision 18 & Revision 19 - 19.11.2020.
- [9] Norm, DIN EN 61400-11:2019-05; VDE 0127-11:2019-05, Vols. Windenergieanlagen - Teil 11: Schallmessverfahren (IEC 61400-11:2012); Deutsche Fassung EN 61400-11:2013, 2013.
- [10] NALS im DIN und VDI, *Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen*, Unterausschuss NA 001-02-03-19 UA "Schallausbreitung im Freien", 2015.
- [11] LAI, *Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA), Überarbeiteter Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016.*
- [12] Norm, *ISO 1996-2:2017-07, Akustik - Beschreibung, Messung und Beurteilung von Umgebungslärm - Teil 2: Bestimmung vom Schalldruckpegeln.*
- [13] D.-I. P. Kudella, "Verbundprojekt: Objektive Kriterien zu Erschütterungs- und Schallemissionen durch Windenergieanlagen im Binnenland. Akronym/Kurzbezeichnung: TremAc," Karlsruhe, 2020.
- [14] HMWVL, *Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung: Faktenpapier Windenergie und Infraschall, Bürgerforum Energieland Hessen, Mai 2015.*
- [15] LUBW, *Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen - Bericht über Ergebnisse des Messprojekts 2013-2015, Karlsruhe, Februar 2016.*
- [16] DNR, *Deutscher Naturschutzring, Dachverband des deutschen Natur- und Umweltverbände, Umwelt- und Naturverträgliche Windenergienutzung in Deutschland (Onshore), www.dnr.de/downloads/infraschall\_04-2011.pdf.*
- [17] L. LfU\_Bayern, *Bayerisches Landesamt für Umwelt & Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, UmweltWissen, Windkraftanlagen – beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?’, 4. Auflage - November 2014.*
- [18] Dipl.-Ing. Detlef Piorr (LANUV NRW), Festlegung von Abnahmebedingungen für Windenergieanlagen, Entwurf, Stand: Korrektur 1, 13.02.2018.
- [19] FGW\_Fördergesellschaft\_Windenergie, *Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA) Überarbeiter Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016 Stand 30.06.2016 – Stellungnahme des FGW e. V., Berlin, 27. März 2018.*
- [20] Monika Agatz, *Windenergiehandbuch - aktuelle Version.*
- [21] LLUR 718, *Umsetzung des Erlasses „Einführung der aktuellen LAI-Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA) in Schleswig-Holstein“ vom 31.01.2018, Flintbek, 31.03.2020.*

Zeichenerklärung  
 Immissionsort



Ö · c || ä æ { K G E F G G A X A · ä } K A O · c || ä a n O S a n F C i E a i

# Staffelde Rechenlauf-Info GB

## Projekt-Info

Projekttitel: Staffelde  
Projekt Nr.: 18-1-3061  
Projektbearbeiter: Jonas Feja  
Auftraggeber: EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Beschreibung:

## Rechenlaufbeschreibung

Rechenart: Einzelpunkt Schall  
Titel: GB  
Rechenkerngruppe  
Laufdatei: RunFile.runx  
Ergebnisnummer: 5  
Lokale Berechnung (Anzahl Threads = 16)  
Berechnungsbeginn: 27.11.2024 09:39:04  
Berechnungsende: 27.11.2024 09:39:15  
Rechenzeit: 00:00:498 [m:s:ms]  
Anzahl Punkte: 7  
Anzahl berechneter Punkte: 7  
Kernel Version: SoundPLANnoise 9.0 (18.04.2024) - 64 bit

## Rechenlaufparameter

Reflexionsordnung 1  
Maximaler Reflexionsabstand zum Empfänger 200 m  
Maximaler Reflexionsabstand zur Quelle 50 m  
Suchradius 5000 m  
Filter: dB(A)  
Zulässige Toleranz (für einzelne Quelle): 0,100 dB  
Bodeneffektgebiete aus Straßenoberflächen erzeugen: Nein  
Straßen als geländefolgend behandeln: Nein

Richtlinien:

Gewerbe: ISO 9613-2: 1996

Luftabsorption: ISO 9613-1

regulärer Bodeneffekt (Kapitel 7.3.1), für Quellen ohne Spektrum automatisch alternativer Bodeneffekt

Begrenzung des Beugungsverlusts:

einfach/mehrfach 20,0 dB /25,0 dB

Seitenbeugung: ISO/TR 17534-3:2015 konform: keine Seitenbeugung, wenn das Gelände die Sichtverbindung unterbricht

Verwende G<sub>lg</sub> (Abar=Dz-Max(Agr,0)) statt G<sub>lg</sub> (12) (Abar=Dz-Agr) für die Einfügedämpfung

Umgebung:

Luftdruck 1013,3 mbar

relative Feuchte 70,0 %

Temperatur 10,0 °C

Meteo. Korr. C0(6-22h)[dB]=0,0; C0(22-6h)[dB]=0,0;

Cmet für L<sub>max</sub> Gewerbe Berechnungen ignorieren: Nein

Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel

1

# Staffelde Rechenlauf-Info GB

Beugungsparameter: C2=20,0  
Zerlegungsparameter:  
Faktor Abstand / Durchmesser 8  
Minimale Distanz [m] 1 m  
Max. Differenz Bodendämpfung + Beugung 1,0 dB  
Max. Iterationszahl 4  
Minderung  
Bewuchs: ISO 9613-2  
Bebauung: ISO 9613-2  
Industriegelände: ISO 9613-2  
Windenergieanlage: ISO 9613-2 Interim: 2015-05.1  
Luftabsorption: ISO 9613-1  
Begrenzung des Beugungsverlusts:  
einfach/mehrfach 20,0 dB /25,0 dB  
Verwende Glg (Abar=Dz-Max(Agr,0)) statt Glg (12) (Abar=Dz-Agr) für die Einfügedämpfung  
Umgebung:  
Luftdruck 1013,3 mbar  
relative Feuchte 70,0 %  
Temperatur 10,0 °C  
Meteo. Korr. C0(6-22h)[dB]=0,0; C0(22-6h)[dB]=0,0;  
Beugungsparameter: C2=20,0  
Bewertung: TA-Lärm 1998/2017  
Reflexion der "eigenen" Fassade wird unterdrückt

## Geometriedaten

Gebäude.geo 22.11.2024 10:37:18  
IOs.geo 25.11.2024 11:33:48  
Rechengebiet.geo 25.11.2024 15:43:44  
Zusatzbelastung.geo 25.11.2024 13:37:02  
VB Logistik.geo 25.11.2024 12:05:32  
RDGM0001.dgm 22.11.2024 10:25:08

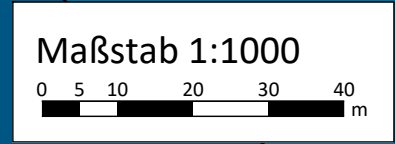
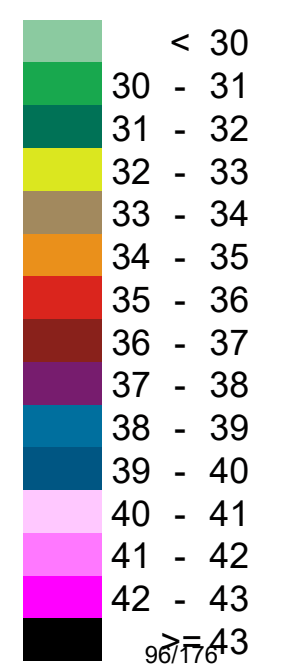
Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel

2



Zeichenerklärung  
Immissionsort

Pegelbereich  
LrN  
in dB(A)



Ö. c. ll. ac { K G E F G G A X \ a } K W O c \ a a D S a r t e i

# Staffelde Mittlere Ausbreitung Leq - GB

10

| Quelle   | Quellentyp | Zeitbereich | L'w<br>dB(A) | Lw<br>dB(A) | S<br>m  | Adiv<br>dB | Agr<br>dB | Abar<br>dB | Aatm<br>dB | ADI<br>dB | dLrefl<br>dB(A) | Ls<br>dB(A) | Cmet<br>dB | Lr<br>dB(A) |
|--|------------|-------------|--------------|-------------|---------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------------|-------------|------------|-------------|
| Obj.-Nr. A-1 Immissionsort Staffelde, An der Windrose 13 SW SW EG RW,N 37 dB(A) LrN 36,4 dB(A) |            |             |              |             |         |            |           |            |            |           |                 |             |            |             |
| STA 01   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1631,09 | -75,2      | 3,0       | -4,8       | -5,3       | 0,0       | 0,0             | 25,8        | 0,0        | 25,8        |
| STA 01   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1631,09 | -75,2      | 3,0       | -4,8       | -5,3       | 0,0       | 0,0             | 25,8        | 0,0        |             |
| STA 01 nacht   | WindT      | LrT         | 105,8        | 105,8       | 1631,09 | -75,2      | 3,0       | -4,8       | -4,9       | 0,0       | 0,0             | 23,9        | 0,0        |             |
| STA 01 nacht   | WindT      | LrN         | 105,8        | 105,8       | 1631,09 | -75,2      | 3,0       | -4,8       | -4,9       | 0,0       | 0,0             | 23,9        | 0,0        | 23,9        |
| STA 02   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1334,93 | -73,5      | 3,0       | 0,0        | -4,7       | 0,0       | 0,0             | 32,9        | 0,0        | 32,9        |
| STA 02   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1334,93 | -73,5      | 3,0       | 0,0        | -4,7       | 0,0       | 0,0             | 32,9        | 0,0        |             |
| STA 02 nacht   | WindT      | LrT         | 104,2        | 104,2       | 1334,93 | -73,5      | 3,0       | 0,0        | -5,0       | 0,0       | 0,0             | 28,7        | 0,0        |             |
| STA 02 nacht   | WindT      | LrN         | 104,2        | 104,2       | 1334,93 | -73,5      | 3,0       | 0,0        | -5,0       | 0,0       | 0,0             | 28,7        | 0,0        | 28,7        |
| STA 03   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1265,95 | -73,0      | 3,0       | -4,8       | -4,5       | 0,0       | 0,0             | 28,8        | 0,0        | 28,8        |
| STA 03   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1265,95 | -73,0      | 3,0       | -4,8       | -4,5       | 0,0       | 0,0             | 28,8        | 0,0        |             |
| STA 03 nacht   | WindT      | LrT         | 104,2        | 104,2       | 1265,95 | -73,0      | 3,0       | -4,8       | -4,8       | 0,0       | 0,0             | 24,6        | 0,0        |             |
| STA 03 nacht   | WindT      | LrN         | 104,2        | 104,2       | 1265,95 | -73,0      | 3,0       | -4,8       | -4,8       | 0,0       | 0,0             | 24,6        | 0,0        | 24,6        |
| STA 04   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1497,30 | -74,5      | 3,0       | -4,8       | -5,0       | 0,0       | 0,0             | 26,8        | 0,0        | 26,8        |
| STA 04   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1497,30 | -74,5      | 3,0       | -4,8       | -5,0       | 0,0       | 0,0             | 26,8        | 0,0        |             |
| STA 04 nacht   | WindT      | LrT         | 105,5        | 105,5       | 1497,30 | -74,5      | 3,0       | -4,8       | -4,8       | 0,0       | 0,0             | 24,4        | 0,0        |             |
| STA 04 nacht   | WindT      | LrN         | 105,5        | 105,5       | 1497,30 | -74,5      | 3,0       | -4,8       | -4,8       | 0,0       | 0,0             | 24,4        | 0,0        | 24,4        |
| STA 05   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1982,63 | -76,9      | 3,0       | -0,3       | -6,7       | 0,0       | 0,0             | 27,1        | 0,0        | 27,1        |
| STA 05   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1982,63 | -76,9      | 3,0       | -0,3       | -6,7       | 0,0       | 0,0             | 27,1        | 0,0        | 27,1        |
| STA 06   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1951,84 | -76,8      | 3,0       | -4,8       | -5,9       | 0,0       | 0,0             | 23,6        | 0,0        | 23,6        |
| STA 06   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1951,84 | -76,8      | 3,0       | -4,8       | -5,9       | 0,0       | 0,0             | 23,6        | 0,0        | 23,6        |
| STA 07   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1744,95 | -75,8      | 3,0       | -4,8       | -5,5       | 0,0       | 0,0             | 25,0        | 0,0        | 25,0        |
| STA 07   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1744,95 | -75,8      | 3,0       | -4,8       | -5,5       | 0,0       | 0,0             | 25,0        | 0,0        | 25,0        |
| L  | Punkt      | LrT         | 106,0        | 106,0       | 1276,41 | -73,1      | -4,8      | -1,8       | -2,5       | 0,0       | 0,0             | 26,9        | 0,0        | 26,9        |
| L  | Punkt      | LrN         | 106,0        | 106,0       | 1276,41 | -73,1      | -4,8      | -1,8       | -2,5       | 0,0       | 0,0             | 26,9        | 0,0        | 26,9        |
| L  | Punkt      | LrT         | 105,0        | 105,0       | 1104,38 | -71,9      | -4,7      | 0,0        | -2,1       | 0,0       | 0,0             | 29,3        | 0,0        | 29,3        |
| L  | Punkt      | LrN         | 105,0        | 105,0       | 1104,38 | -71,9      | -4,7      | 0,0        | -2,1       | 0,0       | 0,0             | 29,3        | 0,0        | 29,3        |
| L Ost  | Punkt      | LrT         | 98,0         | 98,0        | 724,10  | -68,2      | -4,7      | 0,0        | -1,4       | 0,0       | 0,0             | 26,7        | 0,0        | 26,7        |
| L Ost  | Punkt      | LrN         | 98,0         | 98,0        | 724,10  | -68,2      | -4,7      | 0,0        | -1,4       | 0,0       | 0,0             | 26,7        | 0,0        | 26,7        |
| Obj.-Nr. A-2 Immissionsort Staffelde, An der Windrose 13 SO SW EG RW,N 37 dB(A) LrN 34,5 dB(A) |            |             |              |             |         |            |           |            |            |           |                 |             |            |             |
| STA 01   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1636,77 | -75,3      | 3,0       | -11,2      | -3,2       | 0,0       | 0,0             | 21,5        | 0,0        | 21,5        |
| STA 01   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1636,77 | -75,3      | 3,0       | -11,2      | -3,2       | 0,0       | 0,0             | 21,5        | 0,0        |             |

Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel

1

# Staffelde Mittlere Ausbreitung Leq - GB

10

| Quelle  | Quelltyp | Zeitbereich | L'w<br>dB(A) | Lw<br>dB(A) | S<br>m  | Adiv<br>dB | Agr<br>dB | Abar<br>dB | Aatm<br>dB | ADI<br>dB | dLrefl<br>dB(A) | Ls<br>dB(A) | Cmet<br>dB | Lr<br>dB(A) |
|---|----------|-------------|--------------|-------------|---------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------------|-------------|------------|-------------|
| STA 01 nacht  | WindT    | LrT         | 105,8        | 105,8       | 1636,77 | -75,3      | 3,0       | -11,0      | -3,0       | 0,0       | 0,0             | 19,6        | 0,0        |             |
| STA 01 nacht  | WindT    | LrN         | 105,8        | 105,8       | 1636,77 | -75,3      | 3,0       | -11,0      | -3,0       | 0,0       | 0,0             | 19,6        | 0,0        | 19,6        |
| STA 02  | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1339,83 | -73,5      | 3,0       | -0,3       | -5,1       | 0,0       | 0,0             | 32,1        | 0,0        | 32,1        |
| STA 02  | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1339,83 | -73,5      | 3,0       | -0,3       | -5,1       | 0,0       | 0,0             | 32,1        | 0,0        |             |
| STA 02 nacht  | WindT    | LrT         | 104,2        | 104,2       | 1339,83 | -73,5      | 3,0       | -0,3       | -5,4       | 0,0       | 0,0             | 28,0        | 0,0        |             |
| STA 02 nacht  | WindT    | LrN         | 104,2        | 104,2       | 1339,83 | -73,5      | 3,0       | -0,3       | -5,4       | 0,0       | 0,0             | 28,0        | 0,0        | 28,0        |
| STA 03  | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1268,48 | -73,1      | 3,0       | -4,8       | -4,5       | 0,0       | 0,0             | 28,8        | 0,0        | 28,8        |
| STA 03  | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1268,48 | -73,1      | 3,0       | -4,8       | -4,5       | 0,0       | 0,0             | 28,8        | 0,0        |             |
| STA 03 nacht  | WindT    | LrT         | 104,2        | 104,2       | 1268,48 | -73,1      | 3,0       | -4,8       | -4,8       | 0,0       | 0,0             | 24,6        | 0,0        |             |
| STA 03 nacht  | WindT    | LrN         | 104,2        | 104,2       | 1268,48 | -73,1      | 3,0       | -4,8       | -4,8       | 0,0       | 0,0             | 24,6        | 0,0        | 24,6        |
| STA 04  | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1497,54 | -74,5      | 3,0       | -3,2       | -6,0       | 0,0       | 0,0             | 27,4        | 0,0        | 27,4        |
| STA 04  | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1497,54 | -74,5      | 3,0       | -3,2       | -6,0       | 0,0       | 0,0             | 27,4        | 0,0        |             |
| STA 04 nacht  | WindT    | LrT         | 105,5        | 105,5       | 1497,54 | -74,5      | 3,0       | -3,3       | -5,7       | 0,0       | 0,0             | 25,0        | 0,0        |             |
| STA 04 nacht  | WindT    | LrN         | 105,5        | 105,5       | 1497,54 | -74,5      | 3,0       | -3,3       | -5,7       | 0,0       | 0,0             | 25,0        | 0,0        | 25,0        |
| STA 05  | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1987,52 | -77,0      | 3,0       | -4,8       | -6,0       | 0,0       | 0,0             | 23,4        | 0,0        | 23,4        |
| STA 05  | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1987,52 | -77,0      | 3,0       | -4,8       | -6,0       | 0,0       | 0,0             | 23,4        | 0,0        | 23,4        |
| STA 06  | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1955,24 | -76,8      | 3,0       | -4,8       | -5,9       | 0,0       | 0,0             | 23,6        | 0,0        | 23,6        |
| STA 06  | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1955,24 | -76,8      | 3,0       | -4,8       | -5,9       | 0,0       | 0,0             | 23,6        | 0,0        | 23,6        |
| STA 07  | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1746,44 | -75,8      | 3,0       | 0,0        | -5,5       | 0,0       | 0,0             | 29,8        | 0,0        | 29,8        |
| STA 07  | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1746,44 | -75,8      | 3,0       | 0,0        | -5,5       | 0,0       | 0,0             | 29,8        | 0,0        | 29,8        |
| L   | Punkt    | LrT         | 106,0        | 106,0       | 1282,51 | -73,2      | -4,8      | -14,8      | -2,5       | 0,0       | 0,0             | 13,8        | 0,0        | 13,8        |
| L   | Punkt    | LrN         | 106,0        | 106,0       | 1282,51 | -73,2      | -4,8      | -14,8      | -2,5       | 0,0       | 0,0             | 13,8        | 0,0        | 13,8        |
| L   | Punkt    | LrT         | 105,0        | 105,0       | 1110,65 | -71,9      | -4,7      | -13,4      | -2,1       | 0,0       | 0,0             | 15,8        | 0,0        | 15,8        |
| L   | Punkt    | LrN         | 105,0        | 105,0       | 1110,65 | -71,9      | -4,7      | -13,4      | -2,1       | 0,0       | 0,0             | 15,8        | 0,0        | 15,8        |
| L Ost   | Punkt    | LrT         | 98,0         | 98,0        | 730,60  | -68,3      | -4,7      | -15,5      | -1,4       | 0,0       | 0,0             | 11,2        | 0,0        | 11,2        |
| L Ost   | Punkt    | LrN         | 98,0         | 98,0        | 730,60  | -68,3      | -4,7      | -15,5      | -1,4       | 0,0       | 0,0             | 11,2        | 0,0        | 11,2        |
| Obj.-Nr. B-1 Immissionsort Staffelde, An der Trabrennbahn 25 Süd SW EG RW,N 40 dB(A) LrN 39,4 dB(A) |          |             |              |             |         |            |           |            |            |           |                 |             |            |             |
| STA 01  | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1546,27 | -74,8      | 3,0       | 0,0        | -5,1       | 0,0       | 0,0             | 31,2        | 0,0        | 31,2        |
| STA 01  | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1546,27 | -74,8      | 3,0       | 0,0        | -5,1       | 0,0       | 0,0             | 31,2        | 0,0        |             |
| STA 01 nacht  | WindT    | LrT         | 105,8        | 105,8       | 1546,27 | -74,8      | 3,0       | 0,0        | -4,8       | 0,0       | 0,0             | 29,3        | 0,0        |             |
| STA 01 nacht  | WindT    | LrN         | 105,8        | 105,8       | 1546,27 | -74,8      | 3,0       | 0,0        | -4,8       | 0,0       | 0,0             | 29,3        | 0,0        | 29,3        |
| STA 02  | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1251,32 | -72,9      | 3,0       | 0,0        | -4,4       | 0,0       | 0,0             | 33,7        | 0,0        | 33,7        |
| STA 02  | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1251,32 | -72,9      | 3,0       | 0,0        | -4,4       | 0,0       | 0,0             | 33,7        | 0,0        |             |

Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel

2

# Staffelde Mittlere Ausbreitung Leq - GB

10

| Quelle   | Quelltyp | Zeitbereich | L'w<br>dB(A) | Lw<br>dB(A) | S<br>m  | Adiv<br>dB | Agr<br>dB | Abar<br>dB | Aatm<br>dB | ADI<br>dB | dLrefl<br>dB(A) | Ls<br>dB(A) | Cmet<br>dB | Lr<br>dB(A) |
|--|----------|-------------|--------------|-------------|---------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------------|-------------|------------|-------------|
| STA 02 nacht   | WindT    | LrT         | 104,2        | 104,2       | 1251,32 | -72,9      | 3,0       | 0,0        | -4,7       | 0,0       | 0,0             | 29,5        | 0,0        |             |
| STA 02 nacht   | WindT    | LrN         | 104,2        | 104,2       | 1251,32 | -72,9      | 3,0       | 0,0        | -4,7       | 0,0       | 0,0             | 29,5        | 0,0        | 29,5        |
| STA 03   | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1197,59 | -72,6      | 3,0       | 0,0        | -4,3       | 0,0       | 0,0             | 34,2        | 0,0        | 34,2        |
| STA 03   | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1197,59 | -72,6      | 3,0       | 0,0        | -4,3       | 0,0       | 0,0             | 34,2        | 0,0        |             |
| STA 03 nacht   | WindT    | LrT         | 104,2        | 104,2       | 1197,59 | -72,6      | 3,0       | 0,0        | -4,6       | 0,0       | 0,0             | 30,0        | 0,0        |             |
| STA 03 nacht   | WindT    | LrN         | 104,2        | 104,2       | 1197,59 | -72,6      | 3,0       | 0,0        | -4,6       | 0,0       | 0,0             | 30,0        | 0,0        | 30,0        |
| STA 04   | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1451,29 | -74,2      | 3,0       | 0,0        | -4,9       | 0,0       | 0,0             | 32,0        | 0,0        | 32,0        |
| STA 04   | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1451,29 | -74,2      | 3,0       | 0,0        | -4,9       | 0,0       | 0,0             | 32,0        | 0,0        |             |
| STA 04 nacht   | WindT    | LrT         | 105,5        | 105,5       | 1451,29 | -74,2      | 3,0       | 0,0        | -4,7       | 0,0       | 0,0             | 29,5        | 0,0        |             |
| STA 04 nacht   | WindT    | LrN         | 105,5        | 105,5       | 1451,29 | -74,2      | 3,0       | 0,0        | -4,7       | 0,0       | 0,0             | 29,5        | 0,0        | 29,5        |
| STA 05   | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1898,76 | -76,6      | 3,0       | 0,0        | -5,8       | 0,0       | 0,0             | 28,8        | 0,0        | 28,8        |
| STA 05   | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1898,76 | -76,6      | 3,0       | 0,0        | -5,8       | 0,0       | 0,0             | 28,8        | 0,0        | 28,8        |
| STA 06   | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1876,12 | -76,5      | 3,0       | 0,0        | -5,8       | 0,0       | 0,0             | 28,9        | 0,0        | 28,9        |
| STA 06   | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1876,12 | -76,5      | 3,0       | 0,0        | -5,8       | 0,0       | 0,0             | 28,9        | 0,0        | 28,9        |
| STA 07   | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1685,69 | -75,5      | 3,0       | 0,0        | -5,4       | 0,0       | 0,0             | 30,2        | 0,0        | 30,2        |
| STA 07   | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1685,69 | -75,5      | 3,0       | 0,0        | -5,4       | 0,0       | 0,0             | 30,2        | 0,0        | 30,2        |
| L  | Punkt    | LrT         | 106,0        | 106,0       | 1227,53 | -72,8      | -4,7      | 0,0        | -2,4       | 0,0       | 0,0             | 29,1        | 0,0        | 29,1        |
| L  | Punkt    | LrN         | 106,0        | 106,0       | 1227,53 | -72,8      | -4,7      | 0,0        | -2,4       | 0,0       | 0,0             | 29,1        | 0,0        | 29,1        |
| L  | Punkt    | LrT         | 105,0        | 105,0       | 1050,20 | -71,4      | -4,7      | 0,0        | -2,0       | 0,0       | 0,0             | 29,9        | 0,0        | 29,9        |
| L  | Punkt    | LrN         | 105,0        | 105,0       | 1050,20 | -71,4      | -4,7      | 0,0        | -2,0       | 0,0       | 0,0             | 29,9        | 0,0        | 29,9        |
| L Ost  | Punkt    | LrT         | 98,0         | 98,0        | 648,15  | -67,2      | -4,6      | 0,0        | -1,2       | 0,0       | 0,0             | 27,9        | 0,0        | 27,9        |
| L Ost  | Punkt    | LrN         | 98,0         | 98,0        | 648,15  | -67,2      | -4,6      | 0,0        | -1,2       | 0,0       | 0,0             | 27,9        | 0,0        | 27,9        |
| Obj.-Nr. B-2 Immissionsort Staffelde, An der Trabrennbahn 25 West SW EG RW,N 40 dB(A) LrN 39,5 dB(A) |          |             |              |             |         |            |           |            |            |           |                 |             |            |             |
| STA 01   | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1546,34 | -74,8      | 3,0       | 0,0        | -5,1       | 0,0       | 0,0             | 31,2        | 0,0        | 31,2        |
| STA 01   | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1546,34 | -74,8      | 3,0       | 0,0        | -5,1       | 0,0       | 0,0             | 31,2        | 0,0        |             |
| STA 01 nacht   | WindT    | LrT         | 105,8        | 105,8       | 1546,34 | -74,8      | 3,0       | 0,0        | -4,8       | 0,0       | 0,0             | 29,3        | 0,0        |             |
| STA 01 nacht   | WindT    | LrN         | 105,8        | 105,8       | 1546,34 | -74,8      | 3,0       | 0,0        | -4,8       | 0,0       | 0,0             | 29,3        | 0,0        | 29,3        |
| STA 02   | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1254,27 | -73,0      | 3,0       | 0,0        | -4,5       | 0,0       | 0,0             | 33,7        | 0,0        | 33,7        |
| STA 02   | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1254,27 | -73,0      | 3,0       | 0,0        | -4,5       | 0,0       | 0,0             | 33,7        | 0,0        |             |
| STA 02 nacht   | WindT    | LrT         | 104,2        | 104,2       | 1254,27 | -73,0      | 3,0       | 0,0        | -4,7       | 0,0       | 0,0             | 29,5        | 0,0        |             |
| STA 02 nacht   | WindT    | LrN         | 104,2        | 104,2       | 1254,27 | -73,0      | 3,0       | 0,0        | -4,7       | 0,0       | 0,0             | 29,5        | 0,0        | 29,5        |
| STA 03   | WindT    | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1206,13 | -72,6      | 3,0       | 0,0        | -4,3       | 0,0       | 0,0             | 34,2        | 0,0        | 34,2        |
| STA 03   | WindT    | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1206,13 | -72,6      | 3,0       | 0,0        | -4,3       | 0,0       | 0,0             | 34,2        | 0,0        |             |

Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel

3

## Staffelde Mittlere Ausbreitung Leq - GB

10

| Quelle  | Quellentyp | Zeitbereich | L'w<br>dB(A) | Lw<br>dB(A) | S<br>m  | Adiv<br>dB | Agr<br>dB | Abar<br>dB | Aatm<br>dB | ADI<br>dB | dLrefl<br>dB(A) | Ls<br>dB(A) | Cmet<br>dB | Lr<br>dB(A) |
|---|------------|-------------|--------------|-------------|---------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------------|-------------|------------|-------------|
| STA 03 nacht  | WindT      | LrT         | 104,2        | 104,2       | 1206,13 | -72,6      | 3,0       | 0,0        | -4,6       | 0,0       | 0,0             | 29,9        | 0,0        |             |
| STA 03 nacht  | WindT      | LrN         | 104,2        | 104,2       | 1206,13 | -72,6      | 3,0       | 0,0        | -4,6       | 0,0       | 0,0             | 29,9        | 0,0        | 29,9        |
| STA 04  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1462,84 | -74,3      | 3,0       | -4,8       | -4,9       | 0,0       | 0,8             | 27,9        | 0,0        | 27,9        |
| STA 04  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1462,84 | -74,3      | 3,0       | -4,8       | -4,9       | 0,0       | 0,8             | 27,9        | 0,0        |             |
| STA 04 nacht  | WindT      | LrT         | 105,5        | 105,5       | 1462,84 | -74,3      | 3,0       | -4,8       | -4,7       | 0,0       | 0,8             | 25,5        | 0,0        |             |
| STA 04 nacht  | WindT      | LrN         | 105,5        | 105,5       | 1462,84 | -74,3      | 3,0       | -4,8       | -4,7       | 0,0       | 0,8             | 25,5        | 0,0        | 25,5        |
| STA 05  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1901,65 | -76,6      | 3,0       | 0,0        | -5,8       | 0,0       | 0,0             | 28,7        | 0,0        | 28,7        |
| STA 05  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1901,65 | -76,6      | 3,0       | 0,0        | -5,8       | 0,0       | 0,0             | 28,7        | 0,0        | 28,7        |
| STA 06  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1882,78 | -76,5      | 3,0       | 0,0        | -5,8       | 0,0       | 0,0             | 28,9        | 0,0        | 28,9        |
| STA 06  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1882,78 | -76,5      | 3,0       | 0,0        | -5,8       | 0,0       | 0,0             | 28,9        | 0,0        | 28,9        |
| STA 07  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1695,69 | -75,6      | 3,0       | 0,0        | -5,4       | 0,0       | 0,0             | 30,1        | 0,0        | 30,1        |
| STA 07  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1695,69 | -75,6      | 3,0       | 0,0        | -5,4       | 0,0       | 0,0             | 30,1        | 0,0        | 30,1        |
| L   | Punkt      | LrT         | 106,0        | 106,0       | 1216,92 | -72,7      | -4,8      | 0,0        | -2,3       | 0,0       | 1,5             | 30,7        | 0,0        | 30,7        |
| L   | Punkt      | LrN         | 106,0        | 106,0       | 1216,92 | -72,7      | -4,8      | 0,0        | -2,3       | 0,0       | 1,5             | 30,7        | 0,0        | 30,7        |
| L   | Punkt      | LrT         | 105,0        | 105,0       | 1040,21 | -71,3      | -4,7      | 0,0        | -2,0       | 0,0       | 1,6             | 31,5        | 0,0        | 31,5        |
| L   | Punkt      | LrN         | 105,0        | 105,0       | 1040,21 | -71,3      | -4,7      | 0,0        | -2,0       | 0,0       | 1,6             | 31,5        | 0,0        | 31,5        |
| L Ost   | Punkt      | LrT         | 98,0         | 98,0        | 642,41  | -67,1      | -4,7      | 0,0        | -1,2       | 0,0       | 0,0             | 27,9        | 0,0        | 27,9        |
| L Ost   | Punkt      | LrN         | 98,0         | 98,0        | 642,41  | -67,1      | -4,7      | 0,0        | -1,2       | 0,0       | 0,0             | 27,9        | 0,0        | 27,9        |
| Obj.-Nr. C Immissionsort Flatow, Am Gutsfeld 2 SW EG RW,N 40 dB(A) LrN 33,6 dB(A) |            |             |              |             |         |            |           |            |            |           |                 |             |            |             |
| STA 01  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1981,73 | -76,9      | 3,0       | 0,0        | -6,0       | 0,0       | 0,0             | 28,2        | 0,0        | 28,2        |
| STA 01  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1981,73 | -76,9      | 3,0       | 0,0        | -6,0       | 0,0       | 0,0             | 28,2        | 0,0        |             |
| STA 01 nacht  | WindT      | LrT         | 105,8        | 105,8       | 1981,73 | -76,9      | 3,0       | 0,0        | -5,6       | 0,0       | 0,0             | 26,3        | 0,0        |             |
| STA 01 nacht  | WindT      | LrN         | 105,8        | 105,8       | 1981,73 | -76,9      | 3,0       | 0,0        | -5,6       | 0,0       | 0,0             | 26,3        | 0,0        | 26,3        |
| STA 02  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 2292,08 | -78,2      | 3,0       | 0,0        | -6,5       | 0,0       | 0,0             | 26,4        | 0,0        | 26,4        |
| STA 02  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 2292,08 | -78,2      | 3,0       | 0,0        | -6,5       | 0,0       | 0,0             | 26,4        | 0,0        |             |
| STA 02 nacht  | WindT      | LrT         | 104,2        | 104,2       | 2292,09 | -78,2      | 3,0       | 0,0        | -7,0       | 0,0       | 0,0             | 21,9        | 0,0        |             |
| STA 02 nacht  | WindT      | LrN         | 104,2        | 104,2       | 2292,09 | -78,2      | 3,0       | 0,0        | -7,0       | 0,0       | 0,0             | 21,9        | 0,0        | 21,9        |
| STA 03  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 2848,34 | -80,1      | 3,0       | -1,0       | -9,4       | 0,0       | 0,0             | 20,6        | 0,0        | 20,6        |
| STA 03  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 2848,34 | -80,1      | 3,0       | -1,0       | -9,4       | 0,0       | 0,0             | 20,6        | 0,0        |             |
| STA 03 nacht  | WindT      | LrT         | 104,2        | 104,2       | 2848,34 | -80,1      | 3,0       | -0,8       | -10,0      | 0,0       | 0,0             | 16,4        | 0,0        |             |
| STA 03 nacht  | WindT      | LrN         | 104,2        | 104,2       | 2848,34 | -80,1      | 3,0       | -0,8       | -10,0      | 0,0       | 0,0             | 16,4        | 0,0        | 16,4        |
| STA 04  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 3388,76 | -81,6      | 3,0       | -3,2       | -9,4       | 0,0       | 0,0             | 17,0        | 0,0        | 17,0        |
| STA 04  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 3388,76 | -81,6      | 3,0       | -3,2       | -9,4       | 0,0       | 0,0             | 17,0        | 0,0        |             |

Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel

4

# Staffelde

## Mittlere Ausbreitung Leq - GB

10

| Quelle   | Quellentyp | Zeitbereich | L'w<br>dB(A) | Lw<br>dB(A) | S<br>m  | Adiv<br>dB | Agr<br>dB | Abar<br>dB | Aatm<br>dB | ADI<br>dB | dLrefl<br>dB(A) | Ls<br>dB(A) | Cmet<br>dB | Lr<br>dB(A) |
|--|------------|-------------|--------------|-------------|---------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------------|-------------|------------|-------------|
| STA 04 nacht   | WindT      | LrT         | 105,5        | 105,5       | 3388,76 | -81,6      | 3,0       | -3,4       | -9,0       | 0,0       | 0,0             | 14,5        | 0,0        |             |
| STA 04 nacht   | WindT      | LrN         | 105,5        | 105,5       | 3388,76 | -81,6      | 3,0       | -3,4       | -9,0       | 0,0       | 0,0             | 14,5        | 0,0        | 14,5        |
| STA 05   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 2402,55 | -78,6      | 3,0       | 0,0        | -6,7       | 0,0       | 0,0             | 25,8        | 0,0        | 25,8        |
| STA 05   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 2402,55 | -78,6      | 3,0       | 0,0        | -6,7       | 0,0       | 0,0             | 25,8        | 0,0        | 25,8        |
| STA 06   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 2931,01 | -80,3      | 3,0       | -0,1       | -7,8       | 0,0       | 0,0             | 22,9        | 0,0        | 22,9        |
| STA 06   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 2931,01 | -80,3      | 3,0       | -0,1       | -7,8       | 0,0       | 0,0             | 22,9        | 0,0        | 22,9        |
| STA 07   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 3309,49 | -81,4      | 3,0       | -3,2       | -9,3       | 0,0       | 0,0             | 17,3        | 0,0        | 17,3        |
| STA 07   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 3309,49 | -81,4      | 3,0       | -3,2       | -9,3       | 0,0       | 0,0             | 17,3        | 0,0        | 17,3        |
| L  | Punkt      | LrT         | 106,0        | 106,0       | 1355,99 | -73,6      | -4,7      | -0,1       | -2,6       | 0,0       | 0,0             | 28,0        | 0,0        | 28,0        |
| L  | Punkt      | LrN         | 106,0        | 106,0       | 1355,99 | -73,6      | -4,7      | -0,1       | -2,6       | 0,0       | 0,0             | 28,0        | 0,0        | 28,0        |
| L  | Punkt      | LrT         | 105,0        | 105,0       | 1528,40 | -74,7      | -4,7      | -0,1       | -2,9       | 0,0       | 0,0             | 25,6        | 0,0        | 25,6        |
| L  | Punkt      | LrN         | 105,0        | 105,0       | 1528,40 | -74,7      | -4,7      | -0,1       | -2,9       | 0,0       | 0,0             | 25,6        | 0,0        | 25,6        |
| L Ost  | Punkt      | LrT         | 98,0         | 98,0        | 2005,00 | -77,0      | -4,7      | 0,0        | -3,9       | 0,0       | 0,0             | 15,3        | 0,0        | 15,3        |
| L Ost  | Punkt      | LrN         | 98,0         | 98,0        | 2005,00 | -77,0      | -4,7      | 0,0        | -3,9       | 0,0       | 0,0             | 15,3        | 0,0        | 15,3        |
| Obj.-Nr. D Immissionsort Flatow, Alte Postraße 43 SW 2.OG RW,N 45 dB(A) LrN 36,6 dB(A) |            |             |              |             |         |            |           |            |            |           |                 |             |            |             |
| STA 01   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1555,64 | -74,8      | 3,0       | 0,0        | -5,1       | 0,0       | 0,0             | 31,2        | 0,0        | 31,2        |
| STA 01   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1555,64 | -74,8      | 3,0       | 0,0        | -5,1       | 0,0       | 0,0             | 31,2        | 0,0        |             |
| STA 01 nacht   | WindT      | LrT         | 105,8        | 105,8       | 1555,64 | -74,8      | 3,0       | 0,0        | -4,8       | 0,0       | 0,0             | 29,2        | 0,0        |             |
| STA 01 nacht   | WindT      | LrN         | 105,8        | 105,8       | 1555,64 | -74,8      | 3,0       | 0,0        | -4,8       | 0,0       | 0,0             | 29,2        | 0,0        | 29,2        |
| STA 02   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1862,23 | -76,4      | 3,0       | 0,0        | -5,7       | 0,0       | 0,0             | 29,0        | 0,0        | 29,0        |
| STA 02   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1862,23 | -76,4      | 3,0       | 0,0        | -5,7       | 0,0       | 0,0             | 29,0        | 0,0        |             |
| STA 02 nacht   | WindT      | LrT         | 104,2        | 104,2       | 1862,24 | -76,4      | 3,0       | 0,0        | -6,2       | 0,0       | 0,0             | 24,6        | 0,0        |             |
| STA 02 nacht   | WindT      | LrN         | 104,2        | 104,2       | 1862,24 | -76,4      | 3,0       | 0,0        | -6,2       | 0,0       | 0,0             | 24,6        | 0,0        | 24,6        |
| STA 03   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 2420,10 | -78,7      | 3,0       | 0,0        | -6,7       | 0,0       | 0,0             | 25,7        | 0,0        | 25,7        |
| STA 03   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 2420,10 | -78,7      | 3,0       | 0,0        | -6,7       | 0,0       | 0,0             | 25,7        | 0,0        |             |
| STA 03 nacht   | WindT      | LrT         | 104,2        | 104,2       | 2420,10 | -78,7      | 3,0       | 0,0        | -7,2       | 0,0       | 0,0             | 21,3        | 0,0        |             |
| STA 03 nacht   | WindT      | LrN         | 104,2        | 104,2       | 2420,10 | -78,7      | 3,0       | 0,0        | -7,2       | 0,0       | 0,0             | 21,3        | 0,0        | 21,3        |
| STA 04   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 2961,42 | -80,4      | 3,0       | 0,0        | -7,5       | 0,0       | 0,0             | 23,1        | 0,0        | 23,1        |
| STA 04   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 2961,42 | -80,4      | 3,0       | 0,0        | -7,5       | 0,0       | 0,0             | 23,1        | 0,0        |             |
| STA 04 nacht   | WindT      | LrT         | 105,5        | 105,5       | 2961,42 | -80,4      | 3,0       | 0,0        | -7,4       | 0,0       | 0,0             | 20,7        | 0,0        |             |
| STA 04 nacht   | WindT      | LrN         | 105,5        | 105,5       | 2961,42 | -80,4      | 3,0       | 0,0        | -7,4       | 0,0       | 0,0             | 20,7        | 0,0        | 20,7        |
| STA 05   | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1988,89 | -77,0      | 3,0       | 0,0        | -6,0       | 0,0       | 0,0             | 28,2        | 0,0        | 28,2        |
| STA 05   | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1988,89 | -77,0      | 3,0       | 0,0        | -6,0       | 0,0       | 0,0             | 28,2        | 0,0        | 28,2        |

Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel

5



# Staffelde Mittlere Ausbreitung Leq - GB

10

| Quelle  | Quellentyp | Zeitbereich | L'w<br>dB(A) | Lw<br>dB(A) | S<br>m  | Adiv<br>dB | Agr<br>dB | Abar<br>dB | Aatm<br>dB | ADI<br>dB | dLrefl<br>dB(A) | Ls<br>dB(A) | Cmet<br>dB | Lr<br>dB(A) |
|---|------------|-------------|--------------|-------------|---------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------------|-------------|------------|-------------|
| STA 06  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 2506,65 | -79,0      | 3,0       | 0,0        | -6,9       | 0,0       | 0,0             | 25,3        | 0,0        | 25,3        |
| STA 06  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 2506,65 | -79,0      | 3,0       | 0,0        | -6,9       | 0,0       | 0,0             | 25,3        | 0,0        | 25,3        |
| STA 07  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 2878,81 | -80,2      | 3,0       | -4,8       | -7,4       | 0,0       | 0,0             | 18,7        | 0,0        | 18,7        |
| STA 07  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 2878,81 | -80,2      | 3,0       | -4,8       | -7,4       | 0,0       | 0,0             | 18,7        | 0,0        | 18,7        |
| L   | Punkt      | LrT         | 106,0        | 106,0       | 1024,32 | -71,2      | -4,6      | 0,0        | -2,0       | 0,0       | 0,0             | 31,2        | 0,0        | 31,2        |
| L   | Punkt      | LrN         | 106,0        | 106,0       | 1024,32 | -71,2      | -4,6      | 0,0        | -2,0       | 0,0       | 0,0             | 31,2        | 0,0        | 31,2        |
| L   | Punkt      | LrT         | 105,0        | 105,0       | 1173,45 | -72,4      | -4,6      | 0,0        | -2,3       | 0,0       | 0,0             | 28,7        | 0,0        | 28,7        |
| L   | Punkt      | LrN         | 105,0        | 105,0       | 1173,45 | -72,4      | -4,6      | 0,0        | -2,3       | 0,0       | 0,0             | 28,7        | 0,0        | 28,7        |
| L Ost   | Punkt      | LrT         | 98,0         | 98,0        | 1615,01 | -75,2      | -4,7      | 0,0        | -3,1       | 0,0       | 0,0             | 18,1        | 0,0        | 18,1        |
| L Ost   | Punkt      | LrN         | 98,0         | 98,0        | 1615,01 | -75,2      | -4,7      | 0,0        | -3,1       | 0,0       | 0,0             | 18,1        | 0,0        | 18,1        |
| Obj.-Nr. E Immissionsort geplante W-Fläche SW 1.OG RW,N 40 dB(A) LrN 40,7 dB(A) |            |             |              |             |         |            |           |            |            |           |                 |             |            |             |
| STA 01  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1595,89 | -75,1      | 3,0       | 0,0        | -5,2       | 0,0       | 0,0             | 30,9        | 0,0        | 30,9        |
| STA 01  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1595,89 | -75,1      | 3,0       | 0,0        | -5,2       | 0,0       | 0,0             | 30,9        | 0,0        | 30,9        |
| STA 01 nacht  | WindT      | LrT         | 105,8        | 105,8       | 1595,89 | -75,1      | 3,0       | 0,0        | -4,9       | 0,0       | 0,0             | 28,9        | 0,0        | 28,9        |
| STA 01 nacht  | WindT      | LrN         | 105,8        | 105,8       | 1595,89 | -75,1      | 3,0       | 0,0        | -4,9       | 0,0       | 0,0             | 28,9        | 0,0        | 28,9        |
| STA 02  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1470,90 | -74,3      | 3,0       | 0,0        | -4,9       | 0,0       | 0,0             | 31,8        | 0,0        | 31,8        |
| STA 02  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1470,90 | -74,3      | 3,0       | 0,0        | -4,9       | 0,0       | 0,0             | 31,8        | 0,0        | 31,8        |
| STA 02 nacht  | WindT      | LrT         | 104,2        | 104,2       | 1470,90 | -74,3      | 3,0       | 0,0        | -5,3       | 0,0       | 0,0             | 27,6        | 0,0        | 27,6        |
| STA 02 nacht  | WindT      | LrN         | 104,2        | 104,2       | 1470,90 | -74,3      | 3,0       | 0,0        | -5,3       | 0,0       | 0,0             | 27,6        | 0,0        | 27,6        |
| STA 03  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 1669,15 | -75,4      | 3,0       | 0,0        | -5,4       | 0,0       | 0,0             | 30,3        | 0,0        | 30,3        |
| STA 03  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 1669,15 | -75,4      | 3,0       | 0,0        | -5,4       | 0,0       | 0,0             | 30,3        | 0,0        | 30,3        |
| STA 03 nacht  | WindT      | LrT         | 104,2        | 104,2       | 1669,15 | -75,4      | 3,0       | 0,0        | -5,7       | 0,0       | 0,0             | 26,0        | 0,0        | 26,0        |
| STA 03 nacht  | WindT      | LrN         | 104,2        | 104,2       | 1669,15 | -75,4      | 3,0       | 0,0        | -5,7       | 0,0       | 0,0             | 26,0        | 0,0        | 26,0        |
| STA 04  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 2047,88 | -77,2      | 3,0       | 0,0        | -6,1       | 0,0       | 0,0             | 27,8        | 0,0        | 27,8        |
| STA 04  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 2047,88 | -77,2      | 3,0       | 0,0        | -6,1       | 0,0       | 0,0             | 27,8        | 0,0        | 27,8        |
| STA 04 nacht  | WindT      | LrT         | 105,5        | 105,5       | 2047,88 | -77,2      | 3,0       | 0,0        | -5,9       | 0,0       | 0,0             | 25,4        | 0,0        | 25,4        |
| STA 04 nacht  | WindT      | LrN         | 105,5        | 105,5       | 2047,88 | -77,2      | 3,0       | 0,0        | -5,9       | 0,0       | 0,0             | 25,4        | 0,0        | 25,4        |
| STA 05  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 2067,03 | -77,3      | 3,0       | 0,0        | -6,1       | 0,0       | 0,0             | 27,7        | 0,0        | 27,7        |
| STA 05  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 2067,03 | -77,3      | 3,0       | 0,0        | -6,1       | 0,0       | 0,0             | 27,7        | 0,0        | 27,7        |
| STA 06  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 2230,85 | -78,0      | 3,0       | 0,0        | -6,4       | 0,0       | 0,0             | 26,8        | 0,0        | 26,8        |
| STA 06  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 2230,85 | -78,0      | 3,0       | 0,0        | -6,4       | 0,0       | 0,0             | 26,8        | 0,0        | 26,8        |
| STA 07  | WindT      | LrT         | 108,1        | 108,1       | 2205,14 | -77,9      | 3,0       | 0,0        | -6,4       | 0,0       | 0,0             | 26,9        | 0,0        | 26,9        |
| STA 07  | WindT      | LrN         | 108,1        | 108,1       | 2205,14 | -77,9      | 3,0       | 0,0        | -6,4       | 0,0       | 0,0             | 26,9        | 0,0        | 26,9        |

Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel

6

## Staffelde Mittlere Ausbreitung Leq - GB

10

| Quelle | Quelltyp | Zeitbereich | L'w<br>dB(A) | Lw<br>dB(A) | S<br>m | Adiv<br>dB | Agr<br>dB | Abar<br>dB | Aatm<br>dB | ADI<br>dB | dLrefl<br>dB(A) | Ls<br>dB(A) | Cmet<br>dB | Lr<br>dB(A) |
|--------|----------|-------------|--------------|-------------|--------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------------|-------------|------------|-------------|
| L      | Punkt    | LrT         | 106,0        | 106,0       | 689,70 | -67,8      | -4,6      | 0,0        | -1,3       | 0,0       | 0,0             | 35,3        | 0,0        | 35,3        |
| L      | Punkt    | LrN         | 106,0        | 106,0       | 689,70 | -67,8      | -4,6      | 0,0        | -1,3       | 0,0       | 0,0             | 35,3        | 0,0        | 35,3        |
| L      | Punkt    | LrT         | 105,0        | 105,0       | 587,85 | -66,4      | -4,5      | 0,0        | -1,1       | 0,0       | 0,0             | 36,0        | 0,0        | 36,0        |
| L      | Punkt    | LrN         | 105,0        | 105,0       | 587,85 | -66,4      | -4,5      | 0,0        | -1,1       | 0,0       | 0,0             | 36,0        | 0,0        | 36,0        |
| L Ost  | Punkt    | LrT         | 98,0         | 98,0        | 628,02 | -67,0      | -4,6      | 0,0        | -1,2       | 0,0       | 0,0             | 28,2        | 0,0        | 28,2        |
| L Ost  | Punkt    | LrN         | 98,0         | 98,0        | 628,02 | -67,0      | -4,6      | 0,0        | -1,2       | 0,0       | 0,0             | 28,2        | 0,0        | 28,2        |

Ramboll Deutschland GmbH, Elisabeth-Consbruch-Straße 3 34131 Kassel

7

## 4.8 Vorgesehene Maßnahmen zur Überwachung aller Emissionen

Anlagen:

- D02952669\_0.0\_de\_BM NR I s - E-160 EP5 E3 R1 - 5560 kW.pdf
- D02952670\_0.0\_de\_BM NR II s - E-160 EP5 E3 R1 - 5560 kW.pdf
- D02952671\_0.0\_de\_BM NR III s - E-160 EP5 E3 R1 - 5560 kW.pdf
- D02952672\_0.0\_de\_BM NR IV s - E-160 EP5 E3 R1 - 5560 kW.pdf
- D02952673\_0.0\_de\_BM NR V s - E-160 EP5 E3 R1 - 5560 kW.pdf
- D02952674\_0.0\_de\_BM NR VI s - E-160 EP5 E3 R1 - 5560 kW.pdf
- D02952676\_0.0\_de\_BM NR VII s - E-160 EP5 E3 R1 - 5560 kW.pdf
- D02952677\_0.0\_de\_BM NR VIII s - E-160 EP5 E3 R1 - 5560 kW.pdf

Antragsteller: EnBW Windkraftprojekte GmbH

Aktenzeichen:

Erstelldatum: 24.01.2025 Version: 3 Erstellt mit: ELiA-2.8-b5

# Technisches Datenblatt

Terzbandpegel Betriebsmodus NR I s

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 R1 / 5560 kW

**Herausgeber** ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland  
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109  
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de  
Geschäftsführer: Dr. Jürgen Zeschky, Dr. Martin Prillmann, Dr. Michael Jaxy  
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411  
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis** Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken** Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt** Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

#### Dokumentinformation

|                    |                  |            |   |
|--------------------|------------------|------------|---|
| <b>Dokument-ID</b> | D02952669/0.0-de |            |   |
| <b>Vermerk</b>     | Originaldokument |            |   |
| <b>Datum</b>       | <b>Sprache</b>   | <b>DCC</b> | <b>Werk / Abteilung</b>   |
| 2023-10-25         | de               | DA         | WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department |

### Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

| Dokument-ID | Dokument                 |
|-------------|--------------------------|
| diverse     | Datenblatt Betriebsmodus |

## Inhaltsverzeichnis

|   |                                       |   |
|---|---------------------------------------|---|
| 1 | Verfügbarkeit Betriebsmodus .....     | 6 |
| 2 | Allgemeines .....                     | 7 |
| 3 | Informationen zu Terzbandpegeln ..... | 7 |
| 4 | Terzbandpegel NH .....                | 8 |



## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungen

|     |                     |
|-----|---------------------|
| EIO | Ersatzimmissionsort |
| HST | Hybrid-Stahlurm     |
| HT  | Hybridurm           |
| IO  | Immissionsort       |
| NH  | Nabenhöhe           |
| ST  | Stahlurm            |

### Größen, Einheiten, Formeln

|       |                                  |
|-------|----------------------------------|
| $v_H$ | Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe |
|-------|----------------------------------|

# 1 Verfügbarkeit Betriebsmodus

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen der Betriebsmodus verfügbar ist.

Tab. 1: Verfügbarkeit Betriebsmodus

| Be-<br>triebs-<br>mo-<br>dus | Turmvariante und Nabenhöhe (NH)       |                                  |                                 |                                 |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                              | E-160 EP5 E3-<br>ST-99-FB-<br>C-01/02 | E-160 EP5 E3-<br>HST-120-FB-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-160-ES-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-166-ES-C-01 |
|                              | NH 99 m                               | NH 120 m                         | NH 160 m                        | NH 166 m                        |
| NR I s                       | x                                     | x                                | x                               | x                               |

x = verfügbar

## 2 Allgemeines

Dieses Dokument beinhaltet Zusatzinformationen zum Datenblatt Betriebsmodus. Im Übrigen gelten die im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Regelungen hinsichtlich der technischen Eigenschaften der Windenergieanlage.

## 3 Informationen zu Terzbandpegeln

Für Terzbandpegel bis zur Terzbandmittenfrequenz von 2000 Hz gelten die Angaben zur Unsicherheit gemäß Datenblatt Betriebsmodus. Für Frequenzen größer 2000 Hz nehmen aufgrund physikalischer Effekte die Unsicherheiten zu. Diese Frequenzen haben keinen Einfluss auf den Immissionsort (IO) oder auf den Ersatzimmissionsort (EIO) und sind grundsätzlich vernachlässigbar. Bei verschiedenen Messungen an bestehenden ENERCON Windenergieanlagen verschiedener Typen gemäß den anwendbaren Richtlinien ergaben sich Unsicherheiten für die Terzbandpegel im Frequenzbereich 4000 Hz bei  $\pm 2,5$  dB(A) und im Frequenzbereich 8000 Hz bei  $\pm 8,0$  dB(A). Angesichts der begrenzten Untersuchungen kann eine Reproduzierbarkeit dieser Messungen für alle ENERCON Windenergieanlagen bei gleichen Unsicherheiten nicht garantiert werden.

Die Zuordnung der Terzbandpegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe ( $v_H$ ) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt. Die nachfolgend angegebenen Terzbandpegel wurden auf Basis von aeroakustischen Simulationen ermittelt. Die einzelnen Terzbandpegelwerte können nicht garantiert werden. Der Summenpegel aller Terzbandpegel pro Windgeschwindigkeit entspricht dem Schalleistungspegel bei dieser Windgeschwindigkeit, welcher im zugrundeliegenden Datenblatt für den Betriebsmodus angegeben ist. Daher ist der Summenpegel im Rahmen des im Datenblatt festgelegten Geltungsbereichs und auf Basis der anwendbaren Normen und Richtlinien einzuhalten.

## 4 Terzbandpegel NH

In den folgenden Tabellen sind die Werte, bei denen zum ersten Mal der maximale Schallleistungspegel erreicht wird, kursiv ausgezeichnet.

Tab. 2: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$

| Terzbandmit-<br>tenfrequenz in<br>Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 5            | 5,5  | 6    | 6,5  | 7    | 7,5  | 8    | 8,5  | 9    | 9,5  | 10   |
| 20                                   | 50,0         | 52,9 | 55,1 | 57,1 | 59,1 | 60,7 | 62,2 | 62,5 | 62,9 | 63,2 | 63,5 |
| 25                                   | 54,7         | 57,6 | 59,8 | 61,8 | 63,8 | 65,4 | 67,0 | 67,3 | 67,6 | 67,9 | 68,2 |
| 31,5                                 | 58,7         | 61,7 | 63,9 | 65,9 | 67,9 | 69,5 | 71,1 | 71,4 | 71,8 | 72,0 | 72,3 |
| 40                                   | 62,3         | 65,2 | 67,4 | 69,5 | 71,5 | 73,1 | 74,7 | 75,0 | 75,4 | 75,7 | 75,9 |
| 50                                   | 67,1         | 69,3 | 71,2 | 73,1 | 74,9 | 76,5 | 78,0 | 78,3 | 78,6 | 78,9 | 79,2 |
| 63                                   | 69,0         | 71,5 | 73,5 | 75,5 | 77,4 | 79,0 | 80,6 | 80,9 | 81,2 | 81,5 | 81,8 |
| 80                                   | 71,3         | 73,9 | 76,0 | 78,0 | 80,0 | 81,6 | 83,2 | 83,5 | 83,9 | 84,2 | 84,5 |
| 100                                  | 75,9         | 77,7 | 79,3 | 81,0 | 82,7 | 84,2 | 85,6 | 86,0 | 86,3 | 86,6 | 86,9 |
| 125                                  | 76,7         | 78,8 | 80,5 | 82,2 | 83,9 | 85,4 | 86,9 | 87,3 | 87,6 | 87,9 | 88,2 |
| 160                                  | 76,8         | 78,9 | 80,6 | 82,4 | 84,1 | 85,5 | 87,0 | 87,4 | 87,8 | 88,1 | 88,3 |
| 200                                  | 82,8         | 83,8 | 84,8 | 85,7 | 86,8 | 87,8 | 88,8 | 89,2 | 89,5 | 89,6 | 89,7 |
| 250                                  | 83,4         | 84,6 | 85,7 | 86,8 | 88,0 | 89,0 | 90,1 | 90,4 | 90,7 | 90,7 | 90,8 |
| 315                                  | 84,4         | 86,0 | 87,3 | 88,5 | 89,8 | 90,9 | 91,9 | 92,3 | 92,5 | 92,5 | 92,5 |
| 400                                  | 85,6         | 87,5 | 88,9 | 90,3 | 91,7 | 92,9 | 94,0 | 94,3 | 94,4 | 94,4 | 94,4 |
| 500                                  | 86,3         | 88,4 | 90,0 | 91,6 | 93,1 | 94,4 | 95,5 | 95,8 | 95,9 | 95,8 | 95,8 |
| 630                                  | 86,6         | 88,8 | 90,5 | 92,2 | 93,8 | 95,1 | 96,4 | 96,5 | 96,6 | 96,6 | 96,5 |
| 800                                  | 86,7         | 88,9 | 90,6 | 92,3 | 93,9 | 95,3 | 96,6 | 96,6 | 96,7 | 96,7 | 96,6 |
| 1000                                 | 86,7         | 88,8 | 90,5 | 92,2 | 93,9 | 95,2 | 96,6 | 96,6 | 96,7 | 96,6 | 96,6 |
| 1250                                 | 86,6         | 88,7 | 90,3 | 92,0 | 93,7 | 95,0 | 96,4 | 96,4 | 96,4 | 96,4 | 96,4 |
| 1600                                 | 85,3         | 87,6 | 89,3 | 91,1 | 92,8 | 94,2 | 95,6 | 95,6 | 95,7 | 95,6 | 95,6 |
| 2000                                 | 84,1         | 86,2 | 87,9 | 89,6 | 91,3 | 92,8 | 94,2 | 94,1 | 94,2 | 94,2 | 94,1 |
| 2500                                 | 82,2         | 84,2 | 85,9 | 87,5 | 89,2 | 90,5 | 91,9 | 91,9 | 91,9 | 91,9 | 91,9 |
| 3150                                 | 78,7         | 80,8 | 82,6 | 84,3 | 86,0 | 87,4 | 88,8 | 88,7 | 88,8 | 88,8 | 88,8 |
| 4000                                 | 75,1         | 77,0 | 78,6 | 80,2 | 81,9 | 83,3 | 84,7 | 84,6 | 84,6 | 84,6 | 84,7 |
| 5000                                 | 70,3         | 72,0 | 73,4 | 74,9 | 76,5 | 77,8 | 79,2 | 79,1 | 79,1 | 79,1 | 79,2 |
| 6300                                 | 57,6         | 60,7 | 63,0 | 65,1 | 67,1 | 68,7 | 70,3 | 70,2 | 70,3 | 70,3 | 70,3 |
| 8000                                 | 44,7         | 47,9 | 50,1 | 52,3 | 54,4 | 56,0 | 57,7 | 57,6 | 57,6 | 57,7 | 57,7 |
| 10000                                | 27,0         | 30,2 | 32,5 | 34,7 | 36,8 | 38,5 | 40,1 | 40,1 | 40,1 | 40,2 | 40,2 |

**Tab. 3: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$** 

| Terzbandmitten-<br>frequenz in Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                   | 10,5         | 11   | 11,5 | 12   | 12,5 | 13   | 13,5 | 14   | 14,5 | 15   |
| 20                                | 63,7         | 64,0 | 64,2 | 64,5 | 64,8 | 65,0 | 65,3 | 65,5 | 65,7 | 65,9 |
| 25                                | 68,4         | 68,7 | 68,9 | 69,2 | 69,5 | 69,7 | 70,0 | 70,2 | 70,4 | 70,6 |
| 31,5                              | 72,6         | 72,8 | 73,1 | 73,3 | 73,6 | 73,8 | 74,1 | 74,3 | 74,5 | 74,7 |
| 40                                | 76,2         | 76,4 | 76,7 | 76,9 | 77,2 | 77,4 | 77,7 | 77,9 | 78,1 | 78,3 |
| 50                                | 79,4         | 79,7 | 79,9 | 80,2 | 80,4 | 80,6 | 80,9 | 81,1 | 81,3 | 81,5 |
| 63                                | 82,0         | 82,3 | 82,6 | 82,8 | 83,0 | 83,2 | 83,5 | 83,7 | 83,9 | 84,1 |
| 80                                | 84,7         | 85,0 | 85,2 | 85,5 | 85,6 | 85,8 | 86,1 | 86,2 | 86,4 | 86,6 |
| 100                               | 87,1         | 87,4 | 87,6 | 87,8 | 87,9 | 88,1 | 88,3 | 88,4 | 88,6 | 88,8 |
| 125                               | 88,5         | 88,7 | 88,9 | 89,0 | 89,1 | 89,2 | 89,3 | 89,5 | 89,6 | 89,8 |
| 160                               | 88,5         | 88,7 | 88,9 | 88,9 | 89,0 | 88,9 | 89,0 | 89,1 | 89,2 | 89,4 |
| 200                               | 89,8         | 89,9 | 90,1 | 90,0 | 90,1 | 90,1 | 90,1 | 90,1 | 90,1 | 90,2 |
| 250                               | 90,8         | 90,9 | 91,1 | 90,9 | 90,8 | 90,8 | 90,7 | 90,7 | 90,7 | 90,7 |
| 315                               | 92,5         | 92,6 | 92,7 | 92,3 | 92,2 | 92,0 | 91,9 | 91,8 | 91,7 | 91,7 |
| 400                               | 94,4         | 94,4 | 94,4 | 94,1 | 93,9 | 93,7 | 93,5 | 93,3 | 93,2 | 93,0 |
| 500                               | 95,8         | 95,8 | 95,7 | 95,6 | 95,4 | 95,2 | 95,1 | 94,9 | 94,7 | 94,6 |
| 630                               | 96,5         | 96,5 | 96,4 | 96,4 | 96,3 | 96,2 | 96,1 | 96,0 | 95,9 | 95,8 |
| 800                               | 96,6         | 96,6 | 96,6 | 96,5 | 96,5 | 96,5 | 96,5 | 96,5 | 96,4 | 96,4 |
| 1000                              | 96,6         | 96,6 | 96,5 | 96,6 | 96,6 | 96,6 | 96,6 | 96,6 | 96,6 | 96,6 |
| 1250                              | 96,3         | 96,3 | 96,3 | 96,4 | 96,4 | 96,5 | 96,6 | 96,6 | 96,6 | 96,7 |
| 1600                              | 95,6         | 95,6 | 95,6 | 95,7 | 95,8 | 95,8 | 95,9 | 96,0 | 96,1 | 96,1 |
| 2000                              | 94,1         | 94,1 | 94,1 | 94,2 | 94,3 | 94,4 | 94,5 | 94,6 | 94,7 | 94,8 |
| 2500                              | 91,9         | 91,9 | 91,9 | 92,0 | 92,1 | 92,3 | 92,4 | 92,5 | 92,5 | 92,6 |
| 3150                              | 88,8         | 88,8 | 88,7 | 88,9 | 89,1 | 89,2 | 89,3 | 89,4 | 89,5 | 89,6 |
| 4000                              | 84,6         | 84,6 | 84,6 | 84,8 | 85,0 | 85,1 | 85,3 | 85,4 | 85,5 | 85,6 |
| 5000                              | 79,1         | 79,1 | 79,1 | 79,3 | 79,5 | 79,7 | 79,8 | 79,9 | 80,0 | 80,1 |
| 6300                              | 70,3         | 70,3 | 70,3 | 70,5 | 70,7 | 70,8 | 71,0 | 71,1 | 71,1 | 71,2 |
| 8000                              | 57,7         | 57,7 | 57,7 | 57,9 | 58,0 | 58,1 | 58,2 | 58,3 | 58,3 | 58,4 |
| 10000                             | 40,2         | 40,2 | 40,2 | 40,3 | 40,5 | 40,6 | 40,6 | 40,7 | 40,7 | 40,7 |

# Technisches Datenblatt

Terzbandpegel Betriebsmodus NR II s

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 R1 / 5560 kW

**Herausgeber** ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland  
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109  
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de  
Geschäftsführer: Dr. Jürgen Zeschky, Dr. Martin Prillmann, Dr. Michael Jaxy  
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411  
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis** Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken** Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt** Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

#### Dokumentinformation

|                    |                  |            |   |
|--------------------|------------------|------------|---|
| <b>Dokument-ID</b> | D02952670/0.0-de |            |   |
| <b>Vermerk</b>     | Originaldokument |            |   |
| <b>Datum</b>       | <b>Sprache</b>   | <b>DCC</b> | <b>Werk / Abteilung</b>   |
| 2023-10-25         | de               | DA         | WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department |



### Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

| Dokument-ID | Dokument                 |
|-------------|--------------------------|
| diverse     | Datenblatt Betriebsmodus |

## Inhaltsverzeichnis

|   |                                       |   |
|---|---------------------------------------|---|
| 1 | Verfügbarkeit Betriebsmodus .....     | 6 |
| 2 | Allgemeines .....                     | 7 |
| 3 | Informationen zu Terzbandpegeln ..... | 7 |
| 4 | Terzbandpegel NH .....                | 8 |

## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungen

|     |                     |
|-----|---------------------|
| EIO | Ersatzimmissionsort |
| HST | Hybrid-Stahlurm     |
| HT  | Hybridurm           |
| IO  | Immissionsort       |
| NH  | Nabenhöhe           |
| ST  | Stahlurm            |

### Größen, Einheiten, Formeln

|       |                                  |
|-------|----------------------------------|
| $v_H$ | Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe |
|-------|----------------------------------|

# 1 Verfügbarkeit Betriebsmodus

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen der Betriebsmodus verfügbar ist.

Tab. 1: Verfügbarkeit Betriebsmodus

| Be-<br>triebs-<br>mo-<br>dus | Turmvariante und Nabenhöhe (NH)       |                                  |                                 |                                 |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                              | E-160 EP5 E3-<br>ST-99-FB-<br>C-01/02 | E-160 EP5 E3-<br>HST-120-FB-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-160-ES-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-166-ES-C-01 |
|                              | NH 99 m                               | NH 120 m                         | NH 160 m                        | NH 166 m                        |
| NR II<br>s                   | x                                     | x                                | x                               | x                               |

x = verfügbar

## 2 Allgemeines

Dieses Dokument beinhaltet Zusatzinformationen zum Datenblatt Betriebsmodus. Im Übrigen gelten die im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Regelungen hinsichtlich der technischen Eigenschaften der Windenergieanlage.

## 3 Informationen zu Terzbandpegeln

Für Terzbandpegel bis zur Terzbandmittenfrequenz von 2000 Hz gelten die Angaben zur Unsicherheit gemäß Datenblatt Betriebsmodus. Für Frequenzen größer 2000 Hz nehmen aufgrund physikalischer Effekte die Unsicherheiten zu. Diese Frequenzen haben keinen Einfluss auf den Immissionsort (IO) oder auf den Ersatzimmissionsort (EIO) und sind grundsätzlich vernachlässigbar. Bei verschiedenen Messungen an bestehenden ENERCON Windenergieanlagen verschiedener Typen gemäß den anwendbaren Richtlinien ergaben sich Unsicherheiten für die Terzbandpegel im Frequenzbereich 4000 Hz bei  $\pm 2,5$  dB(A) und im Frequenzbereich 8000 Hz bei  $\pm 8,0$  dB(A). Angesichts der begrenzten Untersuchungen kann eine Reproduzierbarkeit dieser Messungen für alle ENERCON Windenergieanlagen bei gleichen Unsicherheiten nicht garantiert werden.

Die Zuordnung der Terzbandpegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe ( $v_H$ ) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt. Die nachfolgend angegebenen Terzbandpegel wurden auf Basis von aeroakustischen Simulationen ermittelt. Die einzelnen Terzbandpegelwerte können nicht garantiert werden. Der Summenpegel aller Terzbandpegel pro Windgeschwindigkeit entspricht dem Schalleistungspegel bei dieser Windgeschwindigkeit, welcher im zugrundeliegenden Datenblatt für den Betriebsmodus angegeben ist. Daher ist der Summenpegel im Rahmen des im Datenblatt festgelegten Geltungsbereichs und auf Basis der anwendbaren Normen und Richtlinien einzuhalten.

## 4 Terzbandpegel NH

In den folgenden Tabellen sind die Werte, bei denen zum ersten Mal der maximale Schallleistungspegel erreicht wird, kursiv ausgezeichnet.

Tab. 2: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$

| Terzbandmit-<br>tenfrequenz in<br>Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 5            | 5,5  | 6    | 6,5  | 7    | 7,5  | 8    | 8,5  | 9    | 9,5  | 10   |
| 20                                   | 50,0         | 52,9 | 55,1 | 57,1 | 59,1 | 60,6 | 61,5 | 61,9 | 62,2 | 62,4 | 62,7 |
| 25                                   | 54,7         | 57,6 | 59,8 | 61,8 | 63,8 | 65,3 | 66,3 | 66,6 | 66,9 | 67,1 | 67,4 |
| 31,5                                 | 58,7         | 61,7 | 63,9 | 65,9 | 67,9 | 69,4 | 70,4 | 70,7 | 71,0 | 71,3 | 71,5 |
| 40                                   | 62,3         | 65,2 | 67,4 | 69,5 | 71,5 | 73,0 | 74,0 | 74,3 | 74,6 | 74,9 | 75,1 |
| 50                                   | 67,1         | 69,3 | 71,2 | 73,1 | 74,9 | 76,4 | 77,3 | 77,6 | 77,9 | 78,1 | 78,4 |
| 63                                   | 69,0         | 71,5 | 73,5 | 75,5 | 77,4 | 78,9 | 79,9 | 80,2 | 80,5 | 80,8 | 81,0 |
| 80                                   | 71,3         | 73,9 | 76,0 | 78,0 | 80,0 | 81,5 | 82,5 | 82,8 | 83,1 | 83,4 | 83,7 |
| 100                                  | 75,9         | 77,7 | 79,3 | 81,0 | 82,7 | 84,1 | 85,0 | 85,3 | 85,6 | 85,9 | 86,2 |
| 125                                  | 76,7         | 78,8 | 80,5 | 82,2 | 83,9 | 85,3 | 86,3 | 86,6 | 86,9 | 87,2 | 87,5 |
| 160                                  | 76,8         | 78,9 | 80,6 | 82,4 | 84,1 | 85,4 | 86,4 | 86,8 | 87,1 | 87,3 | 87,5 |
| 200                                  | 82,8         | 83,8 | 84,8 | 85,7 | 86,8 | 87,7 | 88,4 | 88,7 | 88,9 | 89,0 | 89,1 |
| 250                                  | 83,4         | 84,6 | 85,7 | 86,8 | 88,0 | 88,9 | 89,6 | 90,0 | 90,0 | 90,1 | 90,1 |
| 315                                  | 84,4         | 86,0 | 87,3 | 88,5 | 89,8 | 90,8 | 91,5 | 91,8 | 91,8 | 91,8 | 91,8 |
| 400                                  | 85,6         | 87,5 | 88,9 | 90,3 | 91,7 | 92,8 | 93,5 | 93,8 | 93,7 | 93,7 | 93,7 |
| 500                                  | 86,3         | 88,4 | 90,0 | 91,6 | 93,1 | 94,3 | 94,9 | 95,2 | 95,1 | 95,1 | 95,0 |
| 630                                  | 86,6         | 88,8 | 90,5 | 92,2 | 93,8 | 95,0 | 95,7 | 95,8 | 95,8 | 95,7 | 95,7 |
| 800                                  | 86,7         | 88,9 | 90,6 | 92,3 | 93,9 | 95,2 | 95,8 | 95,9 | 95,9 | 95,9 | 95,8 |
| 1000                                 | 86,7         | 88,8 | 90,5 | 92,2 | 93,9 | 95,1 | 95,8 | 95,8 | 95,8 | 95,8 | 95,8 |
| 1250                                 | 86,6         | 88,7 | 90,3 | 92,0 | 93,7 | 94,9 | 95,6 | 95,6 | 95,6 | 95,5 | 95,5 |
| 1600                                 | 85,3         | 87,6 | 89,3 | 91,1 | 92,8 | 94,1 | 94,8 | 94,8 | 94,8 | 94,8 | 94,8 |
| 2000                                 | 84,1         | 86,2 | 87,9 | 89,6 | 91,3 | 92,7 | 93,4 | 93,3 | 93,3 | 93,3 | 93,3 |
| 2500                                 | 82,2         | 84,2 | 85,9 | 87,5 | 89,2 | 90,4 | 91,1 | 91,1 | 91,1 | 91,1 | 91,1 |
| 3150                                 | 78,7         | 80,8 | 82,6 | 84,3 | 86,0 | 87,3 | 88,0 | 87,9 | 87,9 | 87,9 | 87,9 |
| 4000                                 | 75,1         | 77,0 | 78,6 | 80,2 | 81,9 | 83,2 | 83,9 | 83,8 | 83,8 | 83,8 | 83,8 |
| 5000                                 | 70,3         | 72,0 | 73,4 | 74,9 | 76,5 | 77,7 | 78,4 | 78,3 | 78,3 | 78,3 | 78,3 |
| 6300                                 | 57,6         | 60,7 | 63,0 | 65,1 | 67,1 | 68,6 | 69,4 | 69,3 | 69,4 | 69,4 | 69,4 |
| 8000                                 | 44,7         | 47,9 | 50,1 | 52,3 | 54,4 | 55,9 | 56,7 | 56,7 | 56,7 | 56,7 | 56,7 |
| 10000                                | 27,0         | 30,2 | 32,5 | 34,7 | 36,8 | 38,4 | 39,2 | 39,1 | 39,2 | 39,2 | 39,2 |

**Tab. 3: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$** 

| Terzbandmitten-<br>frequenz in Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                   | 10,5         | 11   | 11,5 | 12   | 12,5 | 13   | 13,5 | 14   | 14,5 | 15   |
| 20                                | 62,9         | 63,2 | 63,4 | 63,7 | 64,0 | 64,2 | 64,5 | 64,7 | 64,9 | 65,1 |
| 25                                | 67,6         | 67,9 | 68,1 | 68,4 | 68,7 | 68,9 | 69,2 | 69,4 | 69,6 | 69,8 |
| 31,5                              | 71,8         | 72,0 | 72,2 | 72,5 | 72,8 | 73,1 | 73,3 | 73,5 | 73,7 | 73,9 |
| 40                                | 75,4         | 75,6 | 75,8 | 76,1 | 76,4 | 76,6 | 76,9 | 77,1 | 77,3 | 77,5 |
| 50                                | 78,6         | 78,9 | 79,1 | 79,4 | 79,6 | 79,8 | 80,1 | 80,3 | 80,5 | 80,7 |
| 63                                | 81,3         | 81,5 | 81,7 | 82,0 | 82,2 | 82,4 | 82,6 | 82,9 | 83,1 | 83,3 |
| 80                                | 84,0         | 84,2 | 84,4 | 84,7 | 84,9 | 85,0 | 85,2 | 85,4 | 85,6 | 85,8 |
| 100                               | 86,4         | 86,6 | 86,8 | 87,0 | 87,2 | 87,3 | 87,5 | 87,7 | 87,8 | 88,0 |
| 125                               | 87,7         | 87,9 | 88,1 | 88,3 | 88,4 | 88,4 | 88,5 | 88,7 | 88,8 | 89,0 |
| 160                               | 87,7         | 87,9 | 88,1 | 88,1 | 88,2 | 88,2 | 88,3 | 88,4 | 88,4 | 88,6 |
| 200                               | 89,2         | 89,3 | 89,5 | 89,4 | 89,5 | 89,5 | 89,5 | 89,5 | 89,5 | 89,6 |
| 250                               | 90,2         | 90,3 | 90,5 | 90,3 | 90,2 | 90,2 | 90,1 | 90,1 | 90,0 | 90,0 |
| 315                               | 91,9         | 92,0 | 92,1 | 91,8 | 91,5 | 91,4 | 91,3 | 91,2 | 91,0 | 91,0 |
| 400                               | 93,7         | 93,7 | 93,8 | 93,5 | 93,3 | 93,1 | 92,9 | 92,7 | 92,5 | 92,4 |
| 500                               | 95,0         | 95,0 | 95,0 | 94,8 | 94,7 | 94,5 | 94,4 | 94,2 | 94,0 | 93,9 |
| 630                               | 95,7         | 95,6 | 95,6 | 95,6 | 95,5 | 95,4 | 95,3 | 95,3 | 95,1 | 95,1 |
| 800                               | 95,8         | 95,7 | 95,7 | 95,7 | 95,7 | 95,7 | 95,6 | 95,6 | 95,6 | 95,6 |
| 1000                              | 95,7         | 95,7 | 95,7 | 95,7 | 95,7 | 95,8 | 95,8 | 95,8 | 95,8 | 95,8 |
| 1250                              | 95,5         | 95,4 | 95,4 | 95,5 | 95,6 | 95,6 | 95,7 | 95,8 | 95,8 | 95,8 |
| 1600                              | 94,7         | 94,7 | 94,6 | 94,8 | 94,9 | 95,0 | 95,0 | 95,1 | 95,2 | 95,2 |
| 2000                              | 93,3         | 93,2 | 93,2 | 93,3 | 93,4 | 93,5 | 93,6 | 93,7 | 93,8 | 93,9 |
| 2500                              | 91,0         | 91,0 | 90,9 | 91,1 | 91,3 | 91,4 | 91,5 | 91,6 | 91,7 | 91,8 |
| 3150                              | 87,9         | 87,9 | 87,8 | 88,0 | 88,2 | 88,3 | 88,4 | 88,5 | 88,6 | 88,7 |
| 4000                              | 83,8         | 83,7 | 83,7 | 83,9 | 84,1 | 84,3 | 84,4 | 84,5 | 84,6 | 84,7 |
| 5000                              | 78,3         | 78,3 | 78,2 | 78,4 | 78,7 | 78,8 | 78,9 | 79,0 | 79,1 | 79,2 |
| 6300                              | 69,4         | 69,3 | 69,3 | 69,5 | 69,7 | 69,9 | 70,0 | 70,1 | 70,2 | 70,2 |
| 8000                              | 56,7         | 56,7 | 56,6 | 56,8 | 57,0 | 57,2 | 57,2 | 57,3 | 57,4 | 57,4 |
| 10000                             | 39,2         | 39,1 | 39,1 | 39,3 | 39,5 | 39,6 | 39,6 | 39,7 | 39,7 | 39,7 |



# Technisches Datenblatt

Terzbandpegel Betriebsmodus NR III s

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 R1 / 5560 kW

**Herausgeber** ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland  
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109  
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de  
Geschäftsführer: Dr. Jürgen Zeschky, Dr. Martin Prillmann, Dr. Michael Jaxy  
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411  
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis** Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken** Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt** Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

#### Dokumentinformation

|                    |                  |            |   |
|--------------------|------------------|------------|---|
| <b>Dokument-ID</b> | D02952671/0.0-de |            |   |
| <b>Vermerk</b>     | Originaldokument |            |   |
| <b>Datum</b>       | <b>Sprache</b>   | <b>DCC</b> | <b>Werk / Abteilung</b>   |
| 2023-10-25         | de               | DA         | WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department |

### Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

| Dokument-ID | Dokument                 |
|-------------|--------------------------|
| diverse     | Datenblatt Betriebsmodus |

## Inhaltsverzeichnis

|   |                                       |   |
|---|---------------------------------------|---|
| 1 | Verfügbarkeit Betriebsmodus .....     | 6 |
| 2 | Allgemeines .....                     | 7 |
| 3 | Informationen zu Terzbandpegeln ..... | 7 |
| 4 | Terzbandpegel NH .....                | 8 |

## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungen

|     |                     |
|-----|---------------------|
| EIO | Ersatzimmissionsort |
| HST | Hybrid-Stahlurm     |
| HT  | Hybridurm           |
| IO  | Immissionsort       |
| NH  | Nabenhöhe           |
| ST  | Stahlurm            |

### Größen, Einheiten, Formeln

|       |                                  |
|-------|----------------------------------|
| $v_H$ | Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe |
|-------|----------------------------------|

# 1 Verfügbarkeit Betriebsmodus

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen der Betriebsmodus verfügbar ist.

Tab. 1: Verfügbarkeit Betriebsmodus

| Be-<br>triebs-<br>mo-<br>dus | Turmvariante und Nabenhöhe (NH)       |                                  |                                 |                                 |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                              | E-160 EP5 E3-<br>ST-99-FB-<br>C-01/02 | E-160 EP5 E3-<br>HST-120-FB-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-160-ES-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-166-ES-C-01 |
|                              | NH 99 m                               | NH 120 m                         | NH 160 m                        | NH 166 m                        |
| NR III<br>s                  | x                                     | x                                | x                               | x                               |

x = verfügbar

## 2 Allgemeines

Dieses Dokument beinhaltet Zusatzinformationen zum Datenblatt Betriebsmodus. Im Übrigen gelten die im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Regelungen hinsichtlich der technischen Eigenschaften der Windenergieanlage.

## 3 Informationen zu Terzbandpegeln

Für Terzbandpegel bis zur Terzbandmittenfrequenz von 2000 Hz gelten die Angaben zur Unsicherheit gemäß Datenblatt Betriebsmodus. Für Frequenzen größer 2000 Hz nehmen aufgrund physikalischer Effekte die Unsicherheiten zu. Diese Frequenzen haben keinen Einfluss auf den Immissionsort (IO) oder auf den Ersatzimmissionsort (EIO) und sind grundsätzlich vernachlässigbar. Bei verschiedenen Messungen an bestehenden ENERCON Windenergieanlagen verschiedener Typen gemäß den anwendbaren Richtlinien ergaben sich Unsicherheiten für die Terzbandpegel im Frequenzbereich 4000 Hz bei  $\pm 2,5$  dB(A) und im Frequenzbereich 8000 Hz bei  $\pm 8,0$  dB(A). Angesichts der begrenzten Untersuchungen kann eine Reproduzierbarkeit dieser Messungen für alle ENERCON Windenergieanlagen bei gleichen Unsicherheiten nicht garantiert werden.

Die Zuordnung der Terzbandpegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe ( $v_H$ ) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt. Die nachfolgend angegebenen Terzbandpegel wurden auf Basis von aeroakustischen Simulationen ermittelt. Die einzelnen Terzbandpegelwerte können nicht garantiert werden. Der Summenpegel aller Terzbandpegel pro Windgeschwindigkeit entspricht dem Schalleistungspegel bei dieser Windgeschwindigkeit, welcher im zugrundeliegenden Datenblatt für den Betriebsmodus angegeben ist. Daher ist der Summenpegel im Rahmen des im Datenblatt festgelegten Geltungsbereichs und auf Basis der anwendbaren Normen und Richtlinien einzuhalten.

## 4 Terzbandpegel NH

In den folgenden Tabellen sind die Werte, bei denen zum ersten Mal der maximale Schallleistungspegel erreicht wird, kursiv ausgezeichnet.

Tab. 2: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$

| Terzbandmit-<br>tenfrequenz in<br>Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 5            | 5,5  | 6    | 6,5  | 7    | 7,5  | 8    | 8,5  | 9    | 9,5  | 10   |
| 20                                   | 49,9         | 52,8 | 55,0 | 57,0 | 58,9 | 60,5 | 60,9 | 61,2 | 61,5 | 61,8 | 62,1 |
| 25                                   | 54,6         | 57,4 | 59,6 | 61,7 | 63,6 | 65,2 | 65,7 | 66,0 | 66,2 | 66,5 | 66,8 |
| 31,5                                 | 58,6         | 61,5 | 63,7 | 65,9 | 67,7 | 69,3 | 69,8 | 70,1 | 70,4 | 70,6 | 70,9 |
| 40                                   | 62,1         | 65,1 | 67,3 | 69,4 | 71,3 | 72,9 | 73,4 | 73,7 | 73,9 | 74,2 | 74,5 |
| 50                                   | 67,0         | 69,2 | 71,1 | 73,0 | 74,7 | 76,3 | 76,7 | 77,0 | 77,2 | 77,5 | 77,8 |
| 63                                   | 68,9         | 71,4 | 73,4 | 75,4 | 77,2 | 78,8 | 79,3 | 79,6 | 79,8 | 80,1 | 80,4 |
| 80                                   | 71,1         | 73,8 | 75,9 | 77,9 | 79,8 | 81,4 | 81,9 | 82,2 | 82,4 | 82,7 | 83,0 |
| 100                                  | 75,8         | 77,6 | 79,2 | 80,9 | 82,5 | 84,0 | 84,4 | 84,7 | 84,9 | 85,2 | 85,5 |
| 125                                  | 76,6         | 78,6 | 80,4 | 82,1 | 83,8 | 85,2 | 85,7 | 85,9 | 86,2 | 86,5 | 86,8 |
| 160                                  | 76,7         | 78,8 | 80,5 | 82,2 | 83,9 | 85,3 | 85,8 | 86,0 | 86,3 | 86,6 | 86,8 |
| 200                                  | 82,7         | 83,8 | 84,7 | 85,6 | 86,7 | 87,6 | 88,0 | 88,1 | 88,3 | 88,4 | 88,5 |
| 250                                  | 83,3         | 84,5 | 85,6 | 86,7 | 87,8 | 88,8 | 89,2 | 89,3 | 89,4 | 89,4 | 89,5 |
| 315                                  | 84,3         | 85,9 | 87,2 | 88,4 | 89,6 | 90,6 | 91,0 | 91,1 | 91,1 | 91,1 | 91,1 |
| 400                                  | 85,5         | 87,4 | 88,8 | 90,2 | 91,5 | 92,6 | 92,9 | 93,0 | 93,0 | 92,9 | 92,9 |
| 500                                  | 86,2         | 88,3 | 89,9 | 91,4 | 92,9 | 94,1 | 94,4 | 94,4 | 94,3 | 94,3 | 94,3 |
| 630                                  | 86,5         | 88,7 | 90,4 | 92,0 | 93,6 | 94,9 | 95,1 | 95,1 | 95,1 | 95,0 | 95,0 |
| 800                                  | 86,6         | 88,8 | 90,5 | 92,2 | 93,8 | 95,1 | 95,2 | 95,2 | 95,2 | 95,1 | 95,1 |
| 1000                                 | 86,6         | 88,7 | 90,4 | 92,1 | 93,7 | 95,0 | 95,2 | 95,2 | 95,1 | 95,1 | 95,1 |
| 1250                                 | 86,5         | 88,6 | 90,2 | 91,9 | 93,5 | 94,8 | 94,9 | 94,9 | 94,9 | 94,9 | 94,9 |
| 1600                                 | 85,2         | 87,5 | 89,3 | 91,0 | 92,7 | 94,1 | 94,2 | 94,2 | 94,1 | 94,1 | 94,1 |
| 2000                                 | 84,0         | 86,1 | 87,8 | 89,6 | 91,2 | 92,6 | 92,7 | 92,7 | 92,6 | 92,6 | 92,6 |
| 2500                                 | 82,2         | 84,2 | 85,8 | 87,5 | 89,0 | 90,4 | 90,5 | 90,5 | 90,4 | 90,4 | 90,4 |
| 3150                                 | 78,6         | 80,8 | 82,5 | 84,2 | 85,8 | 87,2 | 87,3 | 87,3 | 87,3 | 87,3 | 87,3 |
| 4000                                 | 75,0         | 77,0 | 78,6 | 80,2 | 81,8 | 83,1 | 83,2 | 83,2 | 83,2 | 83,2 | 83,2 |
| 5000                                 | 70,3         | 71,9 | 73,4 | 74,9 | 76,4 | 77,7 | 77,7 | 77,8 | 77,7 | 77,7 | 77,8 |
| 6300                                 | 57,5         | 60,7 | 62,9 | 65,1 | 67,0 | 68,6 | 68,7 | 68,7 | 68,7 | 68,7 | 68,7 |
| 8000                                 | 44,6         | 47,8 | 50,1 | 52,3 | 54,2 | 55,9 | 55,9 | 56,0 | 56,0 | 56,0 | 56,0 |
| 10000                                | 26,9         | 30,1 | 32,4 | 34,6 | 36,6 | 38,3 | 38,4 | 38,4 | 38,4 | 38,4 | 38,4 |



**Tab. 3: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$** 

| Terzbandmitten-<br>frequenz in Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                   | 10,5         | 11   | 11,5 | 12   | 12,5 | 13   | 13,5 | 14   | 14,5 | 15   |
| 20                                | 62,3         | 62,5 | 62,8 | 63,0 | 63,3 | 63,5 | 63,8 | 64,0 | 64,2 | 64,4 |
| 25                                | 67,0         | 67,2 | 67,5 | 67,7 | 68,0 | 68,2 | 68,5 | 68,7 | 68,9 | 69,1 |
| 31,5                              | 71,1         | 71,4 | 71,6 | 71,9 | 72,1 | 72,4 | 72,6 | 72,8 | 73,0 | 73,2 |
| 40                                | 74,7         | 75,0 | 75,2 | 75,4 | 75,7 | 75,9 | 76,1 | 76,4 | 76,6 | 76,8 |
| 50                                | 78,0         | 78,2 | 78,4 | 78,7 | 78,9 | 79,2 | 79,4 | 79,6 | 79,8 | 80,0 |
| 63                                | 80,6         | 80,8 | 81,1 | 81,3 | 81,5 | 81,7 | 81,9 | 82,1 | 82,3 | 82,5 |
| 80                                | 83,3         | 83,5 | 83,7 | 84,0 | 84,2 | 84,3 | 84,5 | 84,7 | 84,9 | 85,1 |
| 100                               | 85,7         | 86,0 | 86,2 | 86,4 | 86,5 | 86,7 | 86,8 | 87,0 | 87,1 | 87,3 |
| 125                               | 87,0         | 87,2 | 87,4 | 87,6 | 87,7 | 87,8 | 87,9 | 88,0 | 88,1 | 88,3 |
| 160                               | 87,0         | 87,2 | 87,3 | 87,5 | 87,6 | 87,6 | 87,6 | 87,7 | 87,8 | 87,9 |
| 200                               | 88,6         | 88,7 | 88,8 | 88,9 | 88,9 | 89,0 | 89,0 | 89,0 | 89,0 | 89,0 |
| 250                               | 89,6         | 89,7 | 89,8 | 89,8 | 89,6 | 89,6 | 89,6 | 89,5 | 89,5 | 89,5 |
| 315                               | 91,2         | 91,2 | 91,3 | 91,3 | 91,0 | 90,9 | 90,7 | 90,6 | 90,5 | 90,4 |
| 400                               | 93,0         | 93,0 | 93,0 | 92,9 | 92,7 | 92,5 | 92,3 | 92,1 | 92,0 | 91,8 |
| 500                               | 94,3         | 94,3 | 94,2 | 94,2 | 94,0 | 93,9 | 93,8 | 93,6 | 93,5 | 93,3 |
| 630                               | 94,9         | 94,9 | 94,9 | 94,8 | 94,8 | 94,8 | 94,7 | 94,6 | 94,5 | 94,4 |
| 800                               | 95,1         | 95,0 | 95,0 | 95,0 | 95,0 | 95,0 | 94,9 | 94,9 | 94,9 | 94,9 |
| 1000                              | 95,1         | 95,0 | 95,0 | 95,0 | 95,0 | 95,0 | 95,0 | 95,0 | 95,0 | 95,1 |
| 1250                              | 94,8         | 94,8 | 94,7 | 94,7 | 94,8 | 94,9 | 94,9 | 95,0 | 95,0 | 95,1 |
| 1600                              | 94,1         | 94,0 | 94,0 | 94,0 | 94,1 | 94,2 | 94,2 | 94,3 | 94,4 | 94,5 |
| 2000                              | 92,6         | 92,5 | 92,5 | 92,5 | 92,6 | 92,8 | 92,8 | 92,9 | 93,0 | 93,1 |
| 2500                              | 90,4         | 90,3 | 90,3 | 90,3 | 90,5 | 90,6 | 90,7 | 90,8 | 90,9 | 91,0 |
| 3150                              | 87,3         | 87,2 | 87,2 | 87,2 | 87,4 | 87,5 | 87,6 | 87,8 | 87,9 | 88,0 |
| 4000                              | 83,2         | 83,1 | 83,1 | 83,1 | 83,3 | 83,5 | 83,6 | 83,7 | 83,8 | 83,9 |
| 5000                              | 77,7         | 77,7 | 77,7 | 77,7 | 77,9 | 78,1 | 78,2 | 78,3 | 78,4 | 78,5 |
| 6300                              | 68,7         | 68,6 | 68,6 | 68,7 | 68,9 | 69,0 | 69,1 | 69,2 | 69,3 | 69,3 |
| 8000                              | 56,0         | 55,9 | 55,9 | 56,0 | 56,1 | 56,3 | 56,3 | 56,4 | 56,5 | 56,5 |
| 10000                             | 38,4         | 38,4 | 38,3 | 38,4 | 38,5 | 38,7 | 38,7 | 38,8 | 38,8 | 38,9 |

# Technisches Datenblatt

Terzbandpegel Betriebsmodus NR IV s

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 R1 / 5560 kW

**Herausgeber** ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland  
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109  
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de  
Geschäftsführer: Dr. Jürgen Zeschky, Dr. Martin Prillmann, Dr. Michael Jaxy  
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411  
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis** Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken** Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt** Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

#### Dokumentinformation

|                    |                  |            |   |
|--------------------|------------------|------------|---|
| <b>Dokument-ID</b> | D02952672/0.0-de |            |   |
| <b>Vermerk</b>     | Originaldokument |            |   |
| <b>Datum</b>       | <b>Sprache</b>   | <b>DCC</b> | <b>Werk / Abteilung</b>   |
| 2023-10-25         | de               | DA         | WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department |

### Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

| Dokument-ID | Dokument                 |
|-------------|--------------------------|
| diverse     | Datenblatt Betriebsmodus |

## Inhaltsverzeichnis

|   |                                       |   |
|---|---------------------------------------|---|
| 1 | Verfügbarkeit Betriebsmodus .....     | 6 |
| 2 | Allgemeines .....                     | 7 |
| 3 | Informationen zu Terzbandpegeln ..... | 7 |
| 4 | Terzbandpegel NH .....                | 8 |

## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungen

|     |                     |
|-----|---------------------|
| EIO | Ersatzimmissionsort |
| HST | Hybrid-Stahlurm     |
| HT  | Hybridurm           |
| IO  | Immissionsort       |
| NH  | Nabenhöhe           |
| ST  | Stahlurm            |

### Größen, Einheiten, Formeln

|       |                                  |
|-------|----------------------------------|
| $v_H$ | Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe |
|-------|----------------------------------|

# 1 Verfügbarkeit Betriebsmodus

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen der Betriebsmodus verfügbar ist.

Tab. 1: Verfügbarkeit Betriebsmodus

| Be-<br>triebs-<br>mo-<br>dus | Turmvariante und Nabenhöhe (NH)       |                                  |                                 |                                 |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                              | E-160 EP5 E3-<br>ST-99-FB-<br>C-01/02 | E-160 EP5 E3-<br>HST-120-FB-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-160-ES-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-166-ES-C-01 |
|                              | NH 99 m                               | NH 120 m                         | NH 160 m                        | NH 166 m                        |
| NR IV<br>s                   | x                                     | x                                | x                               | x                               |

x = verfügbar

## 2 Allgemeines

Dieses Dokument beinhaltet Zusatzinformationen zum Datenblatt Betriebsmodus. Im Übrigen gelten die im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Regelungen hinsichtlich der technischen Eigenschaften der Windenergieanlage.

## 3 Informationen zu Terzbandpegeln

Für Terzbandpegel bis zur Terzbandmittenfrequenz von 2000 Hz gelten die Angaben zur Unsicherheit gemäß Datenblatt Betriebsmodus. Für Frequenzen größer 2000 Hz nehmen aufgrund physikalischer Effekte die Unsicherheiten zu. Diese Frequenzen haben keinen Einfluss auf den Immissionsort (IO) oder auf den Ersatzimmissionsort (EIO) und sind grundsätzlich vernachlässigbar. Bei verschiedenen Messungen an bestehenden ENERCON Windenergieanlagen verschiedener Typen gemäß den anwendbaren Richtlinien ergaben sich Unsicherheiten für die Terzbandpegel im Frequenzbereich 4000 Hz bei  $\pm 2,5$  dB(A) und im Frequenzbereich 8000 Hz bei  $\pm 8,0$  dB(A). Angesichts der begrenzten Untersuchungen kann eine Reproduzierbarkeit dieser Messungen für alle ENERCON Windenergieanlagen bei gleichen Unsicherheiten nicht garantiert werden.

Die Zuordnung der Terzbandpegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe ( $v_H$ ) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt. Die nachfolgend angegebenen Terzbandpegel wurden auf Basis von aeroakustischen Simulationen ermittelt. Die einzelnen Terzbandpegelwerte können nicht garantiert werden. Der Summenpegel aller Terzbandpegel pro Windgeschwindigkeit entspricht dem Schalleistungspegel bei dieser Windgeschwindigkeit, welcher im zugrundeliegenden Datenblatt für den Betriebsmodus angegeben ist. Daher ist der Summenpegel im Rahmen des im Datenblatt festgelegten Geltungsbereichs und auf Basis der anwendbaren Normen und Richtlinien einzuhalten.



## 4 Terzbandpegel NH

In den folgenden Tabellen sind die Werte, bei denen zum ersten Mal der maximale Schallleistungspegel erreicht wird, kursiv ausgezeichnet.

Tab. 2: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$

| Terzbandmit-<br>tenfrequenz in<br>Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 5            | 5,5  | 6    | 6,5  | 7    | 7,5  | 8    | 8,5  | 9    | 9,5  | 10   |
| 20                                   | 50,0         | 53,0 | 55,2 | 57,2 | 59,2 | 59,9 | 60,2 | 60,5 | 60,7 | 61,0 | 61,3 |
| 25                                   | 54,7         | 57,7 | 59,9 | 61,9 | 63,9 | 64,6 | 64,9 | 65,2 | 65,4 | 65,7 | 66,0 |
| 31,5                                 | 58,8         | 61,8 | 64,0 | 66,0 | 68,0 | 68,7 | 69,0 | 69,3 | 69,6 | 69,9 | 70,1 |
| 40                                   | 62,3         | 65,3 | 67,5 | 69,6 | 71,6 | 72,3 | 72,6 | 72,9 | 73,2 | 73,5 | 73,7 |
| 50                                   | 67,1         | 69,4 | 71,3 | 73,2 | 75,0 | 75,7 | 76,0 | 76,2 | 76,5 | 76,8 | 77,0 |
| 63                                   | 69,0         | 71,6 | 73,6 | 75,6 | 77,5 | 78,2 | 78,5 | 78,8 | 79,0 | 79,3 | 79,6 |
| 80                                   | 71,3         | 74,0 | 76,1 | 78,1 | 80,1 | 80,8 | 81,1 | 81,4 | 81,7 | 82,0 | 82,2 |
| 100                                  | 75,9         | 77,8 | 79,4 | 81,1 | 82,8 | 83,4 | 83,7 | 83,9 | 84,2 | 84,5 | 84,8 |
| 125                                  | 76,7         | 78,9 | 80,6 | 82,3 | 84,1 | 84,7 | 85,0 | 85,2 | 85,5 | 85,8 | 86,0 |
| 160                                  | 76,8         | 79,0 | 80,8 | 82,5 | 84,2 | 84,8 | 85,1 | 85,3 | 85,6 | 85,8 | 86,0 |
| 200                                  | 82,8         | 83,9 | 84,9 | 85,9 | 86,9 | 87,4 | 87,5 | 87,6 | 87,7 | 87,9 | 88,0 |
| 250                                  | 83,4         | 84,7 | 85,8 | 87,0 | 88,1 | 88,6 | 88,6 | 88,7 | 88,8 | 88,8 | 88,9 |
| 315                                  | 84,4         | 86,1 | 87,4 | 88,7 | 90,0 | 90,3 | 90,4 | 90,4 | 90,4 | 90,5 | 90,5 |
| 400                                  | 85,6         | 87,6 | 89,1 | 90,5 | 91,9 | 92,3 | 92,3 | 92,3 | 92,3 | 92,3 | 92,3 |
| 500                                  | 86,3         | 88,5 | 90,1 | 91,7 | 93,2 | 93,6 | 93,6 | 93,6 | 93,6 | 93,5 | 93,5 |
| 630                                  | 86,6         | 88,9 | 90,6 | 92,3 | 93,9 | 94,3 | 94,2 | 94,2 | 94,2 | 94,2 | 94,1 |
| 800                                  | 86,7         | 89,0 | 90,7 | 92,4 | 94,0 | 94,4 | 94,4 | 94,4 | 94,3 | 94,3 | 94,3 |
| 1000                                 | 86,7         | 88,9 | 90,6 | 92,3 | 94,0 | 94,4 | 94,3 | 94,3 | 94,3 | 94,2 | 94,2 |
| 1250                                 | 86,6         | 88,8 | 90,4 | 92,1 | 93,8 | 94,1 | 94,1 | 94,1 | 94,0 | 94,0 | 94,0 |
| 1600                                 | 85,3         | 87,7 | 89,4 | 91,2 | 92,9 | 93,3 | 93,3 | 93,3 | 93,2 | 93,2 | 93,2 |
| 2000                                 | 84,1         | 86,3 | 88,0 | 89,7 | 91,5 | 91,8 | 91,8 | 91,8 | 91,8 | 91,8 | 91,7 |
| 2500                                 | 82,2         | 84,3 | 85,9 | 87,6 | 89,3 | 89,6 | 89,7 | 89,6 | 89,6 | 89,6 | 89,5 |
| 3150                                 | 78,7         | 80,9 | 82,6 | 84,4 | 86,1 | 86,5 | 86,5 | 86,4 | 86,4 | 86,4 | 86,4 |
| 4000                                 | 75,1         | 77,1 | 78,7 | 80,3 | 82,0 | 82,4 | 82,4 | 82,4 | 82,3 | 82,4 | 82,3 |
| 5000                                 | 70,3         | 72,1 | 73,5 | 75,0 | 76,6 | 77,0 | 77,0 | 77,0 | 76,9 | 76,9 | 76,9 |
| 6300                                 | 57,6         | 60,9 | 63,1 | 65,2 | 67,3 | 67,7 | 67,7 | 67,7 | 67,7 | 67,7 | 67,7 |
| 8000                                 | 44,7         | 48,0 | 50,3 | 52,4 | 54,5 | 55,0 | 55,0 | 55,0 | 55,0 | 55,0 | 55,0 |
| 10000                                | 27,1         | 30,3 | 32,6 | 34,8 | 36,9 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,4 |

**Tab. 3: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$** 

| Terzbandmitten-<br>frequenz in Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                   | 10,5         | 11   | 11,5 | 12   | 12,5 | 13   | 13,5 | 14   | 14,5 | 15   |
| 20                                | 61,5         | 61,8 | 62,0 | 62,3 | 62,5 | 62,8 | 63,0 | 63,2 | 63,5 | 63,7 |
| 25                                | 66,2         | 66,5 | 66,7 | 66,9 | 67,2 | 67,5 | 67,7 | 67,9 | 68,1 | 68,3 |
| 31,5                              | 70,3         | 70,6 | 70,8 | 71,1 | 71,3 | 71,6 | 71,8 | 72,0 | 72,2 | 72,4 |
| 40                                | 73,9         | 74,2 | 74,4 | 74,7 | 74,9 | 75,2 | 75,4 | 75,6 | 75,8 | 76,0 |
| 50                                | 77,2         | 77,4 | 77,7 | 77,9 | 78,2 | 78,4 | 78,6 | 78,8 | 79,0 | 79,2 |
| 63                                | 79,8         | 80,0 | 80,3 | 80,5 | 80,7 | 81,0 | 81,2 | 81,4 | 81,5 | 81,7 |
| 80                                | 82,5         | 82,7 | 83,0 | 83,2 | 83,4 | 83,6 | 83,7 | 83,9 | 84,1 | 84,3 |
| 100                               | 85,0         | 85,2 | 85,4 | 85,7 | 85,8 | 85,9 | 86,1 | 86,2 | 86,4 | 86,5 |
| 125                               | 86,2         | 86,4 | 86,7 | 86,9 | 87,0 | 87,1 | 87,1 | 87,2 | 87,3 | 87,5 |
| 160                               | 86,2         | 86,4 | 86,6 | 86,7 | 86,8 | 86,9 | 86,8 | 86,9 | 87,0 | 87,1 |
| 200                               | 88,0         | 88,1 | 88,2 | 88,3 | 88,3 | 88,4 | 88,4 | 88,4 | 88,4 | 88,4 |
| 250                               | 89,0         | 89,1 | 89,1 | 89,2 | 89,0 | 89,0 | 88,9 | 88,9 | 88,9 | 88,9 |
| 315                               | 90,6         | 90,6 | 90,6 | 90,7 | 90,4 | 90,2 | 90,1 | 90,0 | 89,9 | 89,8 |
| 400                               | 92,3         | 92,3 | 92,3 | 92,3 | 92,0 | 91,8 | 91,6 | 91,5 | 91,3 | 91,2 |
| 500                               | 93,5         | 93,5 | 93,4 | 93,4 | 93,3 | 93,1 | 93,0 | 92,9 | 92,7 | 92,6 |
| 630                               | 94,1         | 94,1 | 94,0 | 94,0 | 94,0 | 93,9 | 93,8 | 93,8 | 93,7 | 93,6 |
| 800                               | 94,2         | 94,2 | 94,2 | 94,1 | 94,1 | 94,1 | 94,1 | 94,1 | 94,1 | 94,0 |
| 1000                              | 94,2         | 94,2 | 94,1 | 94,1 | 94,1 | 94,2 | 94,2 | 94,2 | 94,2 | 94,2 |
| 1250                              | 94,0         | 93,9 | 93,9 | 93,9 | 94,0 | 94,0 | 94,1 | 94,1 | 94,2 | 94,2 |
| 1600                              | 93,2         | 93,1 | 93,1 | 93,1 | 93,2 | 93,3 | 93,4 | 93,5 | 93,5 | 93,6 |
| 2000                              | 91,7         | 91,7 | 91,7 | 91,6 | 91,8 | 91,9 | 92,0 | 92,1 | 92,1 | 92,2 |
| 2500                              | 89,5         | 89,5 | 89,5 | 89,5 | 89,6 | 89,8 | 89,9 | 90,0 | 90,1 | 90,1 |
| 3150                              | 86,4         | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 86,5 | 86,7 | 86,8 | 86,9 | 87,0 | 87,1 |
| 4000                              | 82,3         | 82,3 | 82,3 | 82,3 | 82,5 | 82,7 | 82,8 | 82,9 | 83,0 | 83,1 |
| 5000                              | 76,9         | 76,9 | 76,9 | 76,9 | 77,1 | 77,3 | 77,4 | 77,5 | 77,6 | 77,6 |
| 6300                              | 67,7         | 67,6 | 67,6 | 67,6 | 67,9 | 68,0 | 68,2 | 68,3 | 68,3 | 68,4 |
| 8000                              | 54,9         | 54,9 | 54,9 | 54,9 | 55,1 | 55,3 | 55,4 | 55,4 | 55,5 | 55,5 |
| 10000                             | 37,4         | 37,3 | 37,3 | 37,3 | 37,5 | 37,7 | 37,8 | 37,8 | 37,8 | 37,9 |

# Technisches Datenblatt

Terzbandpegel Betriebsmodus NR V s

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 R1 / 5560 kW

**Herausgeber** ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland  
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109  
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de  
Geschäftsführer: Dr. Jürgen Zeschky, Dr. Martin Prillmann, Dr. Michael Jaxy  
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411  
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis** Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken** Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt** Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

#### Dokumentinformation

|                    |                  |            |   |
|--------------------|------------------|------------|---|
| <b>Dokument-ID</b> | D02952673/0.0-de |            |   |
| <b>Vermerk</b>     | Originaldokument |            |   |
| <b>Datum</b>       | <b>Sprache</b>   | <b>DCC</b> | <b>Werk / Abteilung</b>   |
| 2023-10-25         | de               | DA         | WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department |

### Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

| Dokument-ID | Dokument                 |
|-------------|--------------------------|
| diverse     | Datenblatt Betriebsmodus |

## Inhaltsverzeichnis

|   |                                       |   |
|---|---------------------------------------|---|
| 1 | Verfügbarkeit Betriebsmodus .....     | 6 |
| 2 | Allgemeines .....                     | 7 |
| 3 | Informationen zu Terzbandpegeln ..... | 7 |
| 4 | Terzbandpegel NH .....                | 8 |

## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungen

|     |                     |
|-----|---------------------|
| EIO | Ersatzimmissionsort |
| HST | Hybrid-Stahlurm     |
| HT  | Hybridurm           |
| IO  | Immissionsort       |
| NH  | Nabenhöhe           |
| ST  | Stahlurm            |

### Größen, Einheiten, Formeln

|       |                                  |
|-------|----------------------------------|
| $v_H$ | Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe |
|-------|----------------------------------|

# 1 Verfügbarkeit Betriebsmodus

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen der Betriebsmodus verfügbar ist.

Tab. 1: Verfügbarkeit Betriebsmodus

| Be-<br>triebs-<br>mo-<br>dus | Turmvariante und Nabenhöhe (NH)       |                                  |                                 |                                 |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                              | E-160 EP5 E3-<br>ST-99-FB-<br>C-01/02 | E-160 EP5 E3-<br>HST-120-FB-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-160-ES-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-166-ES-C-01 |
|                              | NH 99 m                               | NH 120 m                         | NH 160 m                        | NH 166 m                        |
| NR V<br>s                    | x                                     | x                                | x                               | x                               |

x = verfügbar



## 2 Allgemeines

Dieses Dokument beinhaltet Zusatzinformationen zum Datenblatt Betriebsmodus. Im Übrigen gelten die im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Regelungen hinsichtlich der technischen Eigenschaften der Windenergieanlage.

## 3 Informationen zu Terzbandpegeln

Für Terzbandpegel bis zur Terzbandmittenfrequenz von 2000 Hz gelten die Angaben zur Unsicherheit gemäß Datenblatt Betriebsmodus. Für Frequenzen größer 2000 Hz nehmen aufgrund physikalischer Effekte die Unsicherheiten zu. Diese Frequenzen haben keinen Einfluss auf den Immissionsort (IO) oder auf den Ersatzimmissionsort (EIO) und sind grundsätzlich vernachlässigbar. Bei verschiedenen Messungen an bestehenden ENERCON Windenergieanlagen verschiedener Typen gemäß den anwendbaren Richtlinien ergaben sich Unsicherheiten für die Terzbandpegel im Frequenzbereich 4000 Hz bei  $\pm 2,5$  dB(A) und im Frequenzbereich 8000 Hz bei  $\pm 8,0$  dB(A). Angesichts der begrenzten Untersuchungen kann eine Reproduzierbarkeit dieser Messungen für alle ENERCON Windenergieanlagen bei gleichen Unsicherheiten nicht garantiert werden.

Die Zuordnung der Terzbandpegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe ( $v_H$ ) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt. Die nachfolgend angegebenen Terzbandpegel wurden auf Basis von aeroakustischen Simulationen ermittelt. Die einzelnen Terzbandpegelwerte können nicht garantiert werden. Der Summenpegel aller Terzbandpegel pro Windgeschwindigkeit entspricht dem Schalleistungspegel bei dieser Windgeschwindigkeit, welcher im zugrundeliegenden Datenblatt für den Betriebsmodus angegeben ist. Daher ist der Summenpegel im Rahmen des im Datenblatt festgelegten Geltungsbereichs und auf Basis der anwendbaren Normen und Richtlinien einzuhalten.

## 4 Terzbandpegel NH

In den folgenden Tabellen sind die Werte, bei denen zum ersten Mal der maximale Schallleistungspegel erreicht wird, kursiv ausgezeichnet.

Tab. 2: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$

| Terzbandmit-<br>tenfrequenz in<br>Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 5            | 5,5  | 6    | 6,5  | 7    | 7,5  | 8    | 8,5  | 9    | 9,5  | 10   |
| 20                                   | 50,0         | 53,0 | 55,2 | 57,2 | 58,8 | 59,0 | 59,4 | 59,7 | 59,9 | 60,2 | 60,5 |
| 25                                   | 54,7         | 57,7 | 59,9 | 61,9 | 63,5 | 63,7 | 64,1 | 64,4 | 64,6 | 64,9 | 65,2 |
| 31,5                                 | 58,8         | 61,8 | 64,0 | 66,0 | 67,6 | 67,9 | 68,2 | 68,5 | 68,7 | 69,0 | 69,3 |
| 40                                   | 62,3         | 65,3 | 67,5 | 69,6 | 71,2 | 71,4 | 71,8 | 72,1 | 72,3 | 72,6 | 72,9 |
| 50                                   | 67,1         | 69,4 | 71,3 | 73,2 | 74,6 | 74,9 | 75,2 | 75,4 | 75,7 | 76,0 | 76,2 |
| 63                                   | 69,0         | 71,6 | 73,6 | 75,6 | 77,1 | 77,4 | 77,7 | 78,0 | 78,2 | 78,5 | 78,8 |
| 80                                   | 71,3         | 74,0 | 76,1 | 78,1 | 79,7 | 80,0 | 80,3 | 80,6 | 80,9 | 81,2 | 81,4 |
| 100                                  | 75,9         | 77,8 | 79,4 | 81,1 | 82,4 | 82,7 | 83,0 | 83,2 | 83,5 | 83,8 | 84,0 |
| 125                                  | 76,7         | 78,9 | 80,6 | 82,3 | 83,7 | 84,0 | 84,2 | 84,5 | 84,8 | 85,0 | 85,3 |
| 160                                  | 76,8         | 79,0 | 80,8 | 82,5 | 83,9 | 84,2 | 84,4 | 84,7 | 84,9 | 85,1 | 85,3 |
| 200                                  | 82,8         | 83,9 | 84,9 | 85,9 | 86,8 | 86,9 | 87,0 | 87,1 | 87,2 | 87,3 | 87,4 |
| 250                                  | 83,4         | 84,7 | 85,8 | 87,0 | 88,0 | 88,1 | 88,2 | 88,2 | 88,2 | 88,3 | 88,3 |
| 315                                  | 84,4         | 86,1 | 87,4 | 88,7 | 89,8 | 89,9 | 89,9 | 89,9 | 89,9 | 89,9 | 89,9 |
| 400                                  | 85,6         | 87,6 | 89,1 | 90,5 | 91,6 | 91,7 | 91,7 | 91,6 | 91,6 | 91,6 | 91,6 |
| 500                                  | 86,3         | 88,5 | 90,1 | 91,7 | 92,9 | 92,9 | 92,9 | 92,9 | 92,8 | 92,8 | 92,7 |
| 630                                  | 86,6         | 88,9 | 90,6 | 92,3 | 93,5 | 93,5 | 93,4 | 93,4 | 93,4 | 93,3 | 93,3 |
| 800                                  | 86,7         | 89,0 | 90,7 | 92,4 | 93,6 | 93,6 | 93,5 | 93,5 | 93,5 | 93,4 | 93,4 |
| 1000                                 | 86,7         | 88,9 | 90,6 | 92,3 | 93,5 | 93,5 | 93,5 | 93,4 | 93,4 | 93,4 | 93,4 |
| 1250                                 | 86,6         | 88,8 | 90,4 | 92,1 | 93,3 | 93,2 | 93,2 | 93,2 | 93,2 | 93,2 | 93,2 |
| 1600                                 | 85,3         | 87,7 | 89,4 | 91,2 | 92,4 | 92,4 | 92,4 | 92,4 | 92,3 | 92,3 | 92,3 |
| 2000                                 | 84,1         | 86,3 | 88,0 | 89,7 | 91,0 | 90,9 | 90,9 | 90,9 | 90,9 | 90,9 | 90,9 |
| 2500                                 | 82,2         | 84,3 | 85,9 | 87,6 | 88,8 | 88,7 | 88,7 | 88,7 | 88,7 | 88,7 | 88,7 |
| 3150                                 | 78,7         | 80,9 | 82,6 | 84,4 | 85,6 | 85,5 | 85,5 | 85,5 | 85,5 | 85,5 | 85,5 |
| 4000                                 | 75,1         | 77,1 | 78,7 | 80,3 | 81,5 | 81,4 | 81,5 | 81,5 | 81,5 | 81,5 | 81,5 |
| 5000                                 | 70,3         | 72,1 | 73,5 | 75,0 | 76,1 | 76,0 | 76,1 | 76,1 | 76,1 | 76,1 | 76,1 |
| 6300                                 | 57,6         | 60,9 | 63,1 | 65,2 | 66,6 | 66,6 | 66,6 | 66,6 | 66,6 | 66,7 | 66,7 |
| 8000                                 | 44,7         | 48,0 | 50,3 | 52,4 | 53,9 | 53,8 | 53,9 | 53,9 | 53,9 | 53,9 | 53,9 |
| 10000                                | 27,1         | 30,3 | 32,6 | 34,8 | 36,3 | 36,2 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 |

**Tab. 3: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$** 

| Terzbandmitten-<br>frequenz in Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                   | 10,5         | 11   | 11,5 | 12   | 12,5 | 13   | 13,5 | 14   | 14,5 | 15   |
| 20                                | 60,7         | 61,0 | 61,2 | 61,5 | 61,7 | 62,0 | 62,2 | 62,4 | 62,6 | 62,9 |
| 25                                | 65,4         | 65,7 | 65,9 | 66,2 | 66,4 | 66,6 | 66,9 | 67,1 | 67,3 | 67,5 |
| 31,5                              | 69,5         | 69,8 | 70,0 | 70,3 | 70,5 | 70,7 | 71,0 | 71,2 | 71,4 | 71,6 |
| 40                                | 73,1         | 73,4 | 73,6 | 73,9 | 74,1 | 74,3 | 74,5 | 74,8 | 75,0 | 75,2 |
| 50                                | 76,4         | 76,7 | 76,9 | 77,1 | 77,4 | 77,6 | 77,8 | 78,0 | 78,2 | 78,4 |
| 63                                | 79,0         | 79,3 | 79,5 | 79,7 | 79,9 | 80,1 | 80,3 | 80,5 | 80,7 | 80,9 |
| 80                                | 81,7         | 81,9 | 82,1 | 82,4 | 82,6 | 82,7 | 82,9 | 83,1 | 83,3 | 83,4 |
| 100                               | 84,2         | 84,4 | 84,7 | 84,9 | 85,0 | 85,2 | 85,3 | 85,4 | 85,6 | 85,7 |
| 125                               | 85,5         | 85,7 | 85,9 | 86,1 | 86,2 | 86,3 | 86,4 | 86,4 | 86,5 | 86,7 |
| 160                               | 85,4         | 85,6 | 85,7 | 85,9 | 86,0 | 86,1 | 86,1 | 86,1 | 86,2 | 86,2 |
| 200                               | 87,5         | 87,6 | 87,6 | 87,7 | 87,7 | 87,7 | 87,8 | 87,8 | 87,8 | 87,8 |
| 250                               | 88,4         | 88,4 | 88,5 | 88,6 | 88,4 | 88,4 | 88,3 | 88,3 | 88,3 | 88,2 |
| 315                               | 89,9         | 89,9 | 89,9 | 90,0 | 89,8 | 89,6 | 89,5 | 89,3 | 89,2 | 89,1 |
| 400                               | 91,6         | 91,6 | 91,5 | 91,5 | 91,4 | 91,2 | 91,0 | 90,8 | 90,7 | 90,5 |
| 500                               | 92,7         | 92,7 | 92,6 | 92,6 | 92,5 | 92,4 | 92,3 | 92,2 | 92,0 | 91,9 |
| 630                               | 93,3         | 93,2 | 93,2 | 93,2 | 93,1 | 93,1 | 93,1 | 93,0 | 92,9 | 92,8 |
| 800                               | 93,4         | 93,4 | 93,3 | 93,3 | 93,3 | 93,3 | 93,3 | 93,2 | 93,2 | 93,2 |
| 1000                              | 93,3         | 93,3 | 93,3 | 93,3 | 93,3 | 93,3 | 93,3 | 93,4 | 93,4 | 93,3 |
| 1250                              | 93,1         | 93,1 | 93,1 | 93,1 | 93,1 | 93,1 | 93,2 | 93,3 | 93,3 | 93,4 |
| 1600                              | 92,3         | 92,3 | 92,3 | 92,2 | 92,3 | 92,4 | 92,4 | 92,5 | 92,6 | 92,7 |
| 2000                              | 90,8         | 90,8 | 90,8 | 90,8 | 90,9 | 91,0 | 91,1 | 91,2 | 91,3 | 91,3 |
| 2500                              | 88,7         | 88,7 | 88,7 | 88,7 | 88,8 | 88,9 | 89,0 | 89,1 | 89,2 | 89,3 |
| 3150                              | 85,5         | 85,5 | 85,5 | 85,5 | 85,6 | 85,8 | 85,9 | 86,0 | 86,1 | 86,2 |
| 4000                              | 81,5         | 81,5 | 81,5 | 81,5 | 81,6 | 81,8 | 81,9 | 82,0 | 82,1 | 82,2 |
| 5000                              | 76,1         | 76,1 | 76,1 | 76,1 | 76,3 | 76,4 | 76,5 | 76,7 | 76,7 | 76,8 |
| 6300                              | 66,7         | 66,7 | 66,7 | 66,7 | 66,8 | 67,0 | 67,1 | 67,2 | 67,3 | 67,4 |
| 8000                              | 53,9         | 53,9 | 53,9 | 53,9 | 54,1 | 54,2 | 54,3 | 54,4 | 54,4 | 54,5 |
| 10000                             | 36,3         | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,5 | 36,6 | 36,7 | 36,7 | 36,8 | 36,8 |

# Technisches Datenblatt

Terzbandpegel Betriebsmodus NR VI s

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 R1 / 5560 kW

**Herausgeber** ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland  
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109  
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de  
Geschäftsführer: Dr. Jürgen Zeschky, Dr. Martin Prillmann, Dr. Michael Jaxy  
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411  
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis** Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken** Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt** Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

#### Dokumentinformation

|                    |                  |            |   |
|--------------------|------------------|------------|---|
| <b>Dokument-ID</b> | D02952674/0.0-de |            |   |
| <b>Vermerk</b>     | Originaldokument |            |   |
| <b>Datum</b>       | <b>Sprache</b>   | <b>DCC</b> | <b>Werk / Abteilung</b>   |
| 2023-10-25         | de               | DA         | WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department |

### Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

| Dokument-ID | Dokument                 |
|-------------|--------------------------|
| diverse     | Datenblatt Betriebsmodus |

## Inhaltsverzeichnis

|   |                                       |   |
|---|---------------------------------------|---|
| 1 | Verfügbarkeit Betriebsmodus .....     | 6 |
| 2 | Allgemeines .....                     | 7 |
| 3 | Informationen zu Terzbandpegeln ..... | 7 |
| 4 | Terzbandpegel NH .....                | 8 |

## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungen

|     |                     |
|-----|---------------------|
| EIO | Ersatzimmissionsort |
| HST | Hybrid-Stahlurm     |
| HT  | Hybridurm           |
| IO  | Immissionsort       |
| NH  | Nabenhöhe           |
| ST  | Stahlurm            |

### Größen, Einheiten, Formeln

|       |                                  |
|-------|----------------------------------|
| $v_H$ | Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe |
|-------|----------------------------------|



# 1 Verfügbarkeit Betriebsmodus

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen der Betriebsmodus verfügbar ist.

Tab. 1: Verfügbarkeit Betriebsmodus

| Be-<br>triebs-<br>mo-<br>dus | Turmvariante und Nabenhöhe (NH)       |                                  |                                 |                                 |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                              | E-160 EP5 E3-<br>ST-99-FB-<br>C-01/02 | E-160 EP5 E3-<br>HST-120-FB-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-160-ES-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-166-ES-C-01 |
|                              | NH 99 m                               | NH 120 m                         | NH 160 m                        | NH 166 m                        |
| NR VI<br>s                   | x                                     | x                                | x                               | x                               |

x = verfügbar

## 2 Allgemeines

Dieses Dokument beinhaltet Zusatzinformationen zum Datenblatt Betriebsmodus. Im Übrigen gelten die im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Regelungen hinsichtlich der technischen Eigenschaften der Windenergieanlage.

## 3 Informationen zu Terzbandpegeln

Für Terzbandpegel bis zur Terzbandmittenfrequenz von 2000 Hz gelten die Angaben zur Unsicherheit gemäß Datenblatt Betriebsmodus. Für Frequenzen größer 2000 Hz nehmen aufgrund physikalischer Effekte die Unsicherheiten zu. Diese Frequenzen haben keinen Einfluss auf den Immissionsort (IO) oder auf den Ersatzimmissionsort (EIO) und sind grundsätzlich vernachlässigbar. Bei verschiedenen Messungen an bestehenden ENERCON Windenergieanlagen verschiedener Typen gemäß den anwendbaren Richtlinien ergaben sich Unsicherheiten für die Terzbandpegel im Frequenzbereich 4000 Hz bei  $\pm 2,5$  dB(A) und im Frequenzbereich 8000 Hz bei  $\pm 8,0$  dB(A). Angesichts der begrenzten Untersuchungen kann eine Reproduzierbarkeit dieser Messungen für alle ENERCON Windenergieanlagen bei gleichen Unsicherheiten nicht garantiert werden.

Die Zuordnung der Terzbandpegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe ( $v_H$ ) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt. Die nachfolgend angegebenen Terzbandpegel wurden auf Basis von aeroakustischen Simulationen ermittelt. Die einzelnen Terzbandpegelwerte können nicht garantiert werden. Der Summenpegel aller Terzbandpegel pro Windgeschwindigkeit entspricht dem Schalleistungspegel bei dieser Windgeschwindigkeit, welcher im zugrundeliegenden Datenblatt für den Betriebsmodus angegeben ist. Daher ist der Summenpegel im Rahmen des im Datenblatt festgelegten Geltungsbereichs und auf Basis der anwendbaren Normen und Richtlinien einzuhalten.

## 4 Terzbandpegel NH

In den folgenden Tabellen sind die Werte, bei denen zum ersten Mal der maximale Schallleistungspegel erreicht wird, kursiv ausgezeichnet.

Tab. 2: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$

| Terzbandmit-<br>tenfrequenz in<br>Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 5            | 5,5  | 6    | 6,5  | 7    | 7,5  | 8    | 8,5  | 9    | 9,5  | 10   |
| 20                                   | 50,0         | 53,0 | 55,2 | 57,2 | 57,8 | 58,2 | 58,5 | 58,8 | 59,1 | 59,3 | 59,6 |
| 25                                   | 54,7         | 57,7 | 59,9 | 61,9 | 62,5 | 62,8 | 63,2 | 63,5 | 63,8 | 64,0 | 64,3 |
| 31,5                                 | 58,8         | 61,8 | 64,0 | 66,0 | 66,6 | 67,0 | 67,3 | 67,6 | 67,9 | 68,1 | 68,4 |
| 40                                   | 62,3         | 65,3 | 67,5 | 69,6 | 70,2 | 70,5 | 70,9 | 71,1 | 71,4 | 71,7 | 72,0 |
| 50                                   | 67,1         | 69,4 | 71,3 | 73,2 | 73,7 | 74,0 | 74,3 | 74,6 | 74,9 | 75,1 | 75,4 |
| 63                                   | 69,0         | 71,6 | 73,6 | 75,6 | 76,2 | 76,5 | 76,8 | 77,1 | 77,4 | 77,6 | 77,9 |
| 80                                   | 71,3         | 74,0 | 76,1 | 78,1 | 78,7 | 79,0 | 79,4 | 79,6 | 79,9 | 80,2 | 80,5 |
| 100                                  | 75,9         | 77,8 | 79,4 | 81,1 | 81,6 | 81,9 | 82,1 | 82,4 | 82,6 | 82,9 | 83,1 |
| 125                                  | 76,7         | 78,9 | 80,6 | 82,3 | 82,9 | 83,1 | 83,3 | 83,6 | 83,8 | 84,1 | 84,3 |
| 160                                  | 76,8         | 79,0 | 80,8 | 82,5 | 83,1 | 83,3 | 83,5 | 83,7 | 83,9 | 84,1 | 84,3 |
| 200                                  | 82,8         | 83,9 | 84,9 | 85,9 | 86,2 | 86,3 | 86,4 | 86,5 | 86,6 | 86,6 | 86,7 |
| 250                                  | 83,4         | 84,7 | 85,8 | 87,0 | 87,4 | 87,4 | 87,4 | 87,4 | 87,5 | 87,5 | 87,5 |
| 315                                  | 84,4         | 86,1 | 87,4 | 88,7 | 89,1 | 89,0 | 89,0 | 89,0 | 89,0 | 89,0 | 89,0 |
| 400                                  | 85,6         | 87,6 | 89,1 | 90,5 | 90,9 | 90,8 | 90,8 | 90,7 | 90,7 | 90,7 | 90,6 |
| 500                                  | 86,3         | 88,5 | 90,1 | 91,7 | 92,1 | 92,0 | 91,9 | 91,9 | 91,9 | 91,8 | 91,8 |
| 630                                  | 86,6         | 88,9 | 90,6 | 92,3 | 92,6 | 92,5 | 92,5 | 92,4 | 92,4 | 92,4 | 92,4 |
| 800                                  | 86,7         | 89,0 | 90,7 | 92,4 | 92,7 | 92,6 | 92,6 | 92,6 | 92,6 | 92,5 | 92,5 |
| 1000                                 | 86,7         | 88,9 | 90,6 | 92,3 | 92,6 | 92,5 | 92,5 | 92,5 | 92,5 | 92,5 | 92,5 |
| 1250                                 | 86,6         | 88,8 | 90,4 | 92,1 | 92,3 | 92,3 | 92,3 | 92,3 | 92,3 | 92,3 | 92,3 |
| 1600                                 | 85,3         | 87,7 | 89,4 | 91,2 | 91,4 | 91,4 | 91,5 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 |
| 2000                                 | 84,1         | 86,3 | 88,0 | 89,7 | 90,0 | 90,0 | 90,0 | 90,0 | 90,0 | 90,0 | 90,0 |
| 2500                                 | 82,2         | 84,3 | 85,9 | 87,6 | 87,8 | 87,8 | 87,9 | 87,9 | 87,9 | 87,9 | 87,9 |
| 3150                                 | 78,7         | 80,9 | 82,6 | 84,4 | 84,6 | 84,6 | 84,7 | 84,7 | 84,7 | 84,7 | 84,7 |
| 4000                                 | 75,1         | 77,1 | 78,7 | 80,3 | 80,5 | 80,6 | 80,6 | 80,6 | 80,7 | 80,7 | 80,7 |
| 5000                                 | 70,3         | 72,1 | 73,5 | 75,0 | 75,2 | 75,2 | 75,3 | 75,3 | 75,4 | 75,4 | 75,4 |
| 6300                                 | 57,6         | 60,9 | 63,1 | 65,2 | 65,5 | 65,5 | 65,6 | 65,6 | 65,7 | 65,7 | 65,7 |
| 8000                                 | 44,7         | 48,0 | 50,3 | 52,4 | 52,7 | 52,8 | 52,8 | 52,9 | 52,9 | 52,9 | 52,9 |
| 10000                                | 27,1         | 30,3 | 32,6 | 34,8 | 35,1 | 35,1 | 35,2 | 35,2 | 35,3 | 35,3 | 35,3 |

**Tab. 3: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$**

| Terzbandmitten-<br>frequenz in Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                   | 10,5         | 11   | 11,5 | 12   | 12,5 | 13   | 13,5 | 14   | 14,5 | 15   |
| 20                                | 59,9         | 60,1 | 60,4 | 60,6 | 60,8 | 61,1 | 61,3 | 61,5 | 61,7 | 61,9 |
| 25                                | 64,5         | 64,8 | 65,1 | 65,3 | 65,5 | 65,7 | 65,9 | 66,2 | 66,4 | 66,6 |
| 31,5                              | 68,6         | 68,9 | 69,2 | 69,4 | 69,6 | 69,8 | 70,0 | 70,3 | 70,5 | 70,7 |
| 40                                | 72,2         | 72,5 | 72,7 | 72,9 | 73,2 | 73,4 | 73,6 | 73,8 | 74,0 | 74,2 |
| 50                                | 75,6         | 75,8 | 76,0 | 76,3 | 76,5 | 76,7 | 76,9 | 77,1 | 77,2 | 77,4 |
| 63                                | 78,1         | 78,3 | 78,6 | 78,8 | 79,0 | 79,2 | 79,4 | 79,6 | 79,8 | 79,9 |
| 80                                | 80,7         | 80,9 | 81,2 | 81,4 | 81,6 | 81,8 | 82,0 | 82,1 | 82,3 | 82,5 |
| 100                               | 83,3         | 83,5 | 83,8 | 83,9 | 84,1 | 84,3 | 84,4 | 84,5 | 84,7 | 84,8 |
| 125                               | 84,5         | 84,7 | 84,9 | 85,1 | 85,2 | 85,4 | 85,5 | 85,6 | 85,6 | 85,7 |
| 160                               | 84,4         | 84,6 | 84,7 | 84,9 | 85,0 | 85,2 | 85,2 | 85,3 | 85,3 | 85,4 |
| 200                               | 86,8         | 86,8 | 86,9 | 86,9 | 87,0 | 87,1 | 87,1 | 87,2 | 87,2 | 87,2 |
| 250                               | 87,5         | 87,6 | 87,6 | 87,6 | 87,7 | 87,7 | 87,6 | 87,6 | 87,6 | 87,5 |
| 315                               | 89,0         | 89,0 | 88,9 | 88,9 | 88,9 | 88,9 | 88,7 | 88,6 | 88,5 | 88,4 |
| 400                               | 90,6         | 90,6 | 90,5 | 90,5 | 90,5 | 90,4 | 90,3 | 90,1 | 90,0 | 89,8 |
| 500                               | 91,8         | 91,7 | 91,7 | 91,6 | 91,6 | 91,6 | 91,4 | 91,3 | 91,2 | 91,1 |
| 630                               | 92,3         | 92,3 | 92,3 | 92,2 | 92,2 | 92,2 | 92,1 | 92,1 | 92,0 | 91,9 |
| 800                               | 92,5         | 92,4 | 92,4 | 92,4 | 92,4 | 92,3 | 92,3 | 92,3 | 92,3 | 92,3 |
| 1000                              | 92,4         | 92,4 | 92,4 | 92,4 | 92,3 | 92,3 | 92,3 | 92,4 | 92,4 | 92,4 |
| 1250                              | 92,3         | 92,2 | 92,2 | 92,2 | 92,2 | 92,2 | 92,2 | 92,3 | 92,3 | 92,4 |
| 1600                              | 91,4         | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,5 | 91,6 | 91,7 |
| 2000                              | 90,0         | 90,0 | 90,0 | 90,0 | 90,0 | 90,0 | 90,1 | 90,2 | 90,2 | 90,3 |
| 2500                              | 87,9         | 87,9 | 87,9 | 87,9 | 87,9 | 87,9 | 88,0 | 88,1 | 88,2 | 88,3 |
| 3150                              | 84,7         | 84,7 | 84,7 | 84,7 | 84,7 | 84,7 | 84,9 | 85,0 | 85,1 | 85,2 |
| 4000                              | 80,7         | 80,7 | 80,7 | 80,7 | 80,7 | 80,8 | 80,9 | 81,1 | 81,1 | 81,2 |
| 5000                              | 75,4         | 75,4 | 75,4 | 75,4 | 75,4 | 75,5 | 75,6 | 75,7 | 75,8 | 75,9 |
| 6300                              | 65,7         | 65,7 | 65,8 | 65,8 | 65,8 | 65,8 | 66,0 | 66,1 | 66,1 | 66,2 |
| 8000                              | 52,9         | 53,0 | 53,0 | 53,0 | 53,0 | 53,0 | 53,1 | 53,2 | 53,3 | 53,3 |
| 10000                             | 35,3         | 35,3 | 35,4 | 35,4 | 35,4 | 35,4 | 35,5 | 35,6 | 35,6 | 35,7 |

# Technisches Datenblatt

Terzbandpegel Betriebsmodus NR VII s

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 R1 / 5560 kW

**Herausgeber** ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland  
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109  
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de  
Geschäftsführer: Dr. Jürgen Zeschky, Dr. Martin Prillmann, Dr. Michael Jaxy  
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411  
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis** Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken** Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt** Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

#### Dokumentinformation

|                    |                  |            |   |
|--------------------|------------------|------------|---|
| <b>Dokument-ID</b> | D02952676/0.0-de |            |   |
| <b>Vermerk</b>     | Originaldokument |            |   |
| <b>Datum</b>       | <b>Sprache</b>   | <b>DCC</b> | <b>Werk / Abteilung</b>   |
| 2023-10-25         | de               | DA         | WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department |

### Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

| Dokument-ID | Dokument                 |
|-------------|--------------------------|
| diverse     | Datenblatt Betriebsmodus |

## Inhaltsverzeichnis

|   |                                       |   |
|---|---------------------------------------|---|
| 1 | Verfügbarkeit Betriebsmodus .....     | 6 |
| 2 | Allgemeines .....                     | 7 |
| 3 | Informationen zu Terzbandpegeln ..... | 7 |
| 4 | Terzbandpegel NH .....                | 8 |



## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungen

|     |                     |
|-----|---------------------|
| EIO | Ersatzimmissionsort |
| HST | Hybrid-Stahlurm     |
| HT  | Hybridurm           |
| IO  | Immissionsort       |
| NH  | Nabenhöhe           |
| ST  | Stahlurm            |

### Größen, Einheiten, Formeln

|       |                                  |
|-------|----------------------------------|
| $v_H$ | Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe |
|-------|----------------------------------|

# 1 Verfügbarkeit Betriebsmodus

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen der Betriebsmodus verfügbar ist.

Tab. 1: Verfügbarkeit Betriebsmodus

| Be-<br>triebs-<br>modus | Turmvariante und Nabenhöhe (NH)       |                                  |                                 |                                 |
|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                         | E-160 EP5 E3-<br>ST-99-FB-<br>C-01/02 | E-160 EP5 E3-<br>HST-120-FB-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-160-ES-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-166-ES-C-01 |
|                         | NH 99 m                               | NH 120 m                         | NH 160 m                        | NH 166 m                        |
| NR VII<br>s             | x                                     | x                                | x                               | x                               |

x = verfügbar

## 2 Allgemeines

Dieses Dokument beinhaltet Zusatzinformationen zum Datenblatt Betriebsmodus. Im Übrigen gelten die im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Regelungen hinsichtlich der technischen Eigenschaften der Windenergieanlage.

## 3 Informationen zu Terzbandpegeln

Für Terzbandpegel bis zur Terzbandmittenfrequenz von 2000 Hz gelten die Angaben zur Unsicherheit gemäß Datenblatt Betriebsmodus. Für Frequenzen größer 2000 Hz nehmen aufgrund physikalischer Effekte die Unsicherheiten zu. Diese Frequenzen haben keinen Einfluss auf den Immissionsort (IO) oder auf den Ersatzimmissionsort (EIO) und sind grundsätzlich vernachlässigbar. Bei verschiedenen Messungen an bestehenden ENERCON Windenergieanlagen verschiedener Typen gemäß den anwendbaren Richtlinien ergaben sich Unsicherheiten für die Terzbandpegel im Frequenzbereich 4000 Hz bei  $\pm 2,5$  dB(A) und im Frequenzbereich 8000 Hz bei  $\pm 8,0$  dB(A). Angesichts der begrenzten Untersuchungen kann eine Reproduzierbarkeit dieser Messungen für alle ENERCON Windenergieanlagen bei gleichen Unsicherheiten nicht garantiert werden.

Die Zuordnung der Terzbandpegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe ( $v_H$ ) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt. Die nachfolgend angegebenen Terzbandpegel wurden auf Basis von aeroakustischen Simulationen ermittelt. Die einzelnen Terzbandpegelwerte können nicht garantiert werden. Der Summenpegel aller Terzbandpegel pro Windgeschwindigkeit entspricht dem Schalleistungspegel bei dieser Windgeschwindigkeit, welcher im zugrundeliegenden Datenblatt für den Betriebsmodus angegeben ist. Daher ist der Summenpegel im Rahmen des im Datenblatt festgelegten Geltungsbereichs und auf Basis der anwendbaren Normen und Richtlinien einzuhalten.

## 4 Terzbandpegel NH

In den folgenden Tabellen sind die Werte, bei denen zum ersten Mal der maximale Schallleistungspegel erreicht wird, kursiv ausgezeichnet.

Tab. 2: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$

| Terzbandmit-<br>tenfrequenz in<br>Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 5            | 5,5  | 6    | 6,5  | 7    | 7,5  | 8    | 8,5  | 9    | 9,5  | 10   |
| 20                                   | 49,9         | 52,7 | 54,8 | 56,4 | 56,9 | 57,2 | 57,5 | 57,8 | 58,1 | 58,4 | 58,7 |
| 25                                   | 54,6         | 57,4 | 59,5 | 61,1 | 61,6 | 61,9 | 62,2 | 62,5 | 62,8 | 63,1 | 63,3 |
| 31,5                                 | 58,6         | 61,5 | 63,6 | 65,2 | 65,7 | 66,0 | 66,3 | 66,6 | 66,9 | 67,2 | 67,4 |
| 40                                   | 62,1         | 65,0 | 67,1 | 68,8 | 69,3 | 69,6 | 69,9 | 70,2 | 70,5 | 70,7 | 71,0 |
| 50                                   | 67,0         | 69,2 | 70,9 | 72,4 | 72,9 | 73,1 | 73,4 | 73,7 | 73,9 | 74,2 | 74,4 |
| 63                                   | 68,9         | 71,3 | 73,2 | 74,8 | 75,3 | 75,6 | 75,8 | 76,1 | 76,4 | 76,7 | 76,9 |
| 80                                   | 71,1         | 73,7 | 75,7 | 77,3 | 77,8 | 78,1 | 78,4 | 78,7 | 79,0 | 79,2 | 79,5 |
| 100                                  | 75,8         | 77,6 | 79,1 | 80,4 | 80,8 | 81,0 | 81,3 | 81,5 | 81,8 | 82,0 | 82,2 |
| 125                                  | 76,6         | 78,6 | 80,2 | 81,5 | 82,0 | 82,2 | 82,4 | 82,7 | 82,9 | 83,2 | 83,4 |
| 160                                  | 76,7         | 78,7 | 80,3 | 81,6 | 82,1 | 82,3 | 82,5 | 82,7 | 83,0 | 83,2 | 83,4 |
| 200                                  | 82,7         | 83,7 | 84,5 | 85,2 | 85,6 | 85,7 | 85,8 | 85,8 | 85,9 | 86,0 | 86,1 |
| 250                                  | 83,3         | 84,4 | 85,4 | 86,2 | 86,6 | 86,7 | 86,7 | 86,7 | 86,7 | 86,8 | 86,8 |
| 315                                  | 84,3         | 85,8 | 86,9 | 87,8 | 88,2 | 88,2 | 88,2 | 88,2 | 88,2 | 88,2 | 88,2 |
| 400                                  | 85,5         | 87,2 | 88,6 | 89,6 | 89,9 | 89,9 | 89,9 | 89,8 | 89,8 | 89,8 | 89,8 |
| 500                                  | 86,2         | 88,2 | 89,7 | 90,8 | 91,1 | 91,0 | 91,0 | 91,0 | 90,9 | 90,9 | 90,9 |
| 630                                  | 86,5         | 88,5 | 90,1 | 91,4 | 91,6 | 91,6 | 91,5 | 91,5 | 91,5 | 91,5 | 91,4 |
| 800                                  | 86,6         | 88,7 | 90,3 | 91,5 | 91,7 | 91,7 | 91,7 | 91,6 | 91,6 | 91,6 | 91,6 |
| 1000                                 | 86,6         | 88,6 | 90,2 | 91,5 | 91,6 | 91,6 | 91,6 | 91,6 | 91,6 | 91,5 | 91,5 |
| 1250                                 | 86,5         | 88,5 | 90,1 | 91,3 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 |
| 1600                                 | 85,2         | 87,4 | 89,1 | 90,4 | 90,5 | 90,5 | 90,5 | 90,5 | 90,5 | 90,5 | 90,5 |
| 2000                                 | 84,0         | 86,1 | 87,7 | 89,0 | 89,1 | 89,1 | 89,1 | 89,1 | 89,1 | 89,1 | 89,1 |
| 2500                                 | 82,2         | 84,1 | 85,6 | 86,9 | 87,0 | 87,0 | 87,0 | 87,0 | 87,0 | 87,0 | 87,0 |
| 3150                                 | 78,7         | 80,7 | 82,3 | 83,6 | 83,7 | 83,7 | 83,8 | 83,8 | 83,8 | 83,8 | 83,8 |
| 4000                                 | 75,1         | 76,9 | 78,4 | 79,7 | 79,7 | 79,7 | 79,8 | 79,8 | 79,8 | 79,8 | 79,8 |
| 5000                                 | 70,3         | 71,9 | 73,2 | 74,4 | 74,5 | 74,5 | 74,5 | 74,5 | 74,5 | 74,6 | 74,6 |
| 6300                                 | 57,5         | 60,6 | 62,8 | 64,4 | 64,5 | 64,5 | 64,5 | 64,6 | 64,6 | 64,6 | 64,6 |
| 8000                                 | 44,6         | 47,7 | 49,9 | 51,6 | 51,7 | 51,7 | 51,7 | 51,8 | 51,8 | 51,8 | 51,8 |
| 10000                                | 26,9         | 30,0 | 32,2 | 33,9 | 34,0 | 34,0 | 34,1 | 34,1 | 34,1 | 34,1 | 34,2 |

**Tab. 3: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$** 

| Terzbandmitten-<br>frequenz in Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                   | 10,5         | 11   | 11,5 | 12   | 12,5 | 13   | 13,5 | 14   | 14,5 | 15   |
| 20                                | 58,9         | 59,2 | 59,4 | 59,6 | 59,9 | 60,1 | 60,3 | 60,6 | 60,7 | 60,9 |
| 25                                | 63,6         | 63,9 | 64,1 | 64,3 | 64,5 | 64,8 | 65,0 | 65,2 | 65,4 | 65,6 |
| 31,5                              | 67,7         | 67,9 | 68,2 | 68,4 | 68,6 | 68,8 | 69,0 | 69,3 | 69,5 | 69,7 |
| 40                                | 71,3         | 71,5 | 71,7 | 72,0 | 72,2 | 72,4 | 72,6 | 72,8 | 73,0 | 73,2 |
| 50                                | 74,7         | 74,9 | 75,1 | 75,3 | 75,5 | 75,7 | 75,9 | 76,1 | 76,3 | 76,5 |
| 63                                | 77,2         | 77,4 | 77,6 | 77,8 | 78,1 | 78,3 | 78,4 | 78,6 | 78,8 | 79,0 |
| 80                                | 79,8         | 80,0 | 80,2 | 80,5 | 80,7 | 80,9 | 81,0 | 81,2 | 81,3 | 81,5 |
| 100                               | 82,5         | 82,7 | 82,9 | 83,1 | 83,2 | 83,4 | 83,5 | 83,7 | 83,8 | 83,9 |
| 125                               | 83,6         | 83,8 | 84,0 | 84,2 | 84,4 | 84,5 | 84,6 | 84,8 | 84,9 | 84,9 |
| 160                               | 83,5         | 83,7 | 83,8 | 84,0 | 84,1 | 84,3 | 84,4 | 84,5 | 84,6 | 84,6 |
| 200                               | 86,1         | 86,2 | 86,3 | 86,3 | 86,4 | 86,5 | 86,5 | 86,5 | 86,6 | 86,6 |
| 250                               | 86,8         | 86,9 | 86,9 | 87,0 | 87,1 | 87,1 | 87,0 | 87,0 | 87,0 | 86,9 |
| 315                               | 88,2         | 88,2 | 88,2 | 88,3 | 88,3 | 88,3 | 88,2 | 88,0 | 87,9 | 87,8 |
| 400                               | 89,8         | 89,8 | 89,8 | 89,7 | 89,8 | 89,7 | 89,6 | 89,4 | 89,3 | 89,1 |
| 500                               | 90,9         | 90,8 | 90,8 | 90,8 | 90,8 | 90,7 | 90,7 | 90,5 | 90,5 | 90,3 |
| 630                               | 91,4         | 91,4 | 91,3 | 91,3 | 91,3 | 91,2 | 91,2 | 91,1 | 91,1 | 91,0 |
| 800                               | 91,5         | 91,5 | 91,5 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,3 | 91,4 | 91,3 |
| 1000                              | 91,5         | 91,5 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 91,4 |
| 1250                              | 91,3         | 91,3 | 91,3 | 91,3 | 91,2 | 91,2 | 91,2 | 91,3 | 91,4 | 91,4 |
| 1600                              | 90,5         | 90,4 | 90,4 | 90,4 | 90,3 | 90,3 | 90,4 | 90,5 | 90,5 | 90,6 |
| 2000                              | 89,1         | 89,0 | 89,0 | 89,0 | 89,0 | 89,0 | 89,0 | 89,1 | 89,2 | 89,3 |
| 2500                              | 87,0         | 87,0 | 86,9 | 86,9 | 86,9 | 86,9 | 87,0 | 87,1 | 87,2 | 87,3 |
| 3150                              | 83,8         | 83,8 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,8 | 83,9 | 84,0 | 84,1 |
| 4000                              | 79,8         | 79,8 | 79,8 | 79,8 | 79,8 | 79,8 | 79,9 | 80,0 | 80,1 | 80,2 |
| 5000                              | 74,6         | 74,6 | 74,6 | 74,5 | 74,5 | 74,5 | 74,6 | 74,8 | 74,8 | 74,9 |
| 6300                              | 64,6         | 64,6 | 64,6 | 64,6 | 64,6 | 64,6 | 64,7 | 64,9 | 64,9 | 65,0 |
| 8000                              | 51,8         | 51,8 | 51,8 | 51,8 | 51,8 | 51,8 | 51,9 | 52,0 | 52,1 | 52,1 |
| 10000                             | 34,2         | 34,2 | 34,2 | 34,2 | 34,1 | 34,1 | 34,2 | 34,4 | 34,4 | 34,5 |

# Technisches Datenblatt

Terzbandpegel Betriebsmodus NR VIII s

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 R1 / 5560 kW

**Herausgeber** ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland  
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109  
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de  
Geschäftsführer: Dr. Jürgen Zeschky, Dr. Martin Prillmann, Dr. Michael Jaxy  
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411  
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis** Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken** Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt** Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

#### Dokumentinformation

|                    |                  |            |   |
|--------------------|------------------|------------|---|
| <b>Dokument-ID</b> | D02952677/0.0-de |            |   |
| <b>Vermerk</b>     | Originaldokument |            |   |
| <b>Datum</b>       | <b>Sprache</b>   | <b>DCC</b> | <b>Werk / Abteilung</b>   |
| 2023-10-25         | de               | DA         | WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department |

### Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

| Dokument-ID | Dokument                 |
|-------------|--------------------------|
| diverse     | Datenblatt Betriebsmodus |



## Inhaltsverzeichnis

|   |                                       |   |
|---|---------------------------------------|---|
| 1 | Verfügbarkeit Betriebsmodus .....     | 6 |
| 2 | Allgemeines .....                     | 7 |
| 3 | Informationen zu Terzbandpegeln ..... | 7 |
| 4 | Terzbandpegel NH .....                | 8 |

## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungen

|     |                     |
|-----|---------------------|
| EIO | Ersatzimmissionsort |
| HST | Hybrid-Stahlurm     |
| HT  | Hybridurm           |
| IO  | Immissionsort       |
| NH  | Nabenhöhe           |
| ST  | Stahlurm            |

### Größen, Einheiten, Formeln

|       |                                  |
|-------|----------------------------------|
| $v_H$ | Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe |
|-------|----------------------------------|

# 1 Verfügbarkeit Betriebsmodus

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen der Betriebsmodus verfügbar ist.

Tab. 1: Verfügbarkeit Betriebsmodus

| Be-<br>triebs-<br>modus | Turmvariante und Nabenhöhe (NH)       |                                  |                                 |                                 |
|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                         | E-160 EP5 E3-<br>ST-99-FB-<br>C-01/02 | E-160 EP5 E3-<br>HST-120-FB-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-160-ES-C-01 | E-160 EP5 E3-<br>HT-166-ES-C-01 |
|                         | NH 99 m                               | NH 120 m                         | NH 160 m                        | NH 166 m                        |
| NR VIII<br>s            | x                                     | x                                | x                               | x                               |

x = verfügbar

## 2 Allgemeines

Dieses Dokument beinhaltet Zusatzinformationen zum Datenblatt Betriebsmodus. Im Übrigen gelten die im Datenblatt Betriebsmodus aufgeführten Regelungen hinsichtlich der technischen Eigenschaften der Windenergieanlage.

## 3 Informationen zu Terzbandpegeln

Für Terzbandpegel bis zur Terzbandmittenfrequenz von 2000 Hz gelten die Angaben zur Unsicherheit gemäß Datenblatt Betriebsmodus. Für Frequenzen größer 2000 Hz nehmen aufgrund physikalischer Effekte die Unsicherheiten zu. Diese Frequenzen haben keinen Einfluss auf den Immissionsort (IO) oder auf den Ersatzimmissionsort (EIO) und sind grundsätzlich vernachlässigbar. Bei verschiedenen Messungen an bestehenden ENERCON Windenergieanlagen verschiedener Typen gemäß den anwendbaren Richtlinien ergaben sich Unsicherheiten für die Terzbandpegel im Frequenzbereich 4000 Hz bei  $\pm 2,5$  dB(A) und im Frequenzbereich 8000 Hz bei  $\pm 8,0$  dB(A). Angesichts der begrenzten Untersuchungen kann eine Reproduzierbarkeit dieser Messungen für alle ENERCON Windenergieanlagen bei gleichen Unsicherheiten nicht garantiert werden.

Die Zuordnung der Terzbandpegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe ( $v_H$ ) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt. Die nachfolgend angegebenen Terzbandpegel wurden auf Basis von aeroakustischen Simulationen ermittelt. Die einzelnen Terzbandpegelwerte können nicht garantiert werden. Der Summenpegel aller Terzbandpegel pro Windgeschwindigkeit entspricht dem Schalleistungspegel bei dieser Windgeschwindigkeit, welcher im zugrundeliegenden Datenblatt für den Betriebsmodus angegeben ist. Daher ist der Summenpegel im Rahmen des im Datenblatt festgelegten Geltungsbereichs und auf Basis der anwendbaren Normen und Richtlinien einzuhalten.



**Tab. 3: Terzbandpegel in dB(A), bezogen auf Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$** 

| Terzbandmitten-<br>frequenz in Hz | $v_H$ in m/s |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                   | 10,5         | 11   | 11,5 | 12   | 12,5 | 13   | 13,5 | 14   | 14,5 | 15   |
| 20                                | 55,1         | 55,4 | 55,7 | 55,9 | 56,2 | 56,4 | 56,6 | 56,8 | 57,0 | 57,2 |
| 25                                | 59,7         | 60,0 | 60,3 | 60,5 | 60,8 | 61,0 | 61,2 | 61,4 | 61,6 | 61,8 |
| 31,5                              | 63,7         | 64,0 | 64,3 | 64,5 | 64,8 | 65,0 | 65,2 | 65,4 | 65,6 | 65,8 |
| 40                                | 67,2         | 67,5 | 67,7 | 68,0 | 68,2 | 68,4 | 68,6 | 68,8 | 69,1 | 69,2 |
| 50                                | 70,4         | 70,6 | 70,9 | 71,1 | 71,4 | 71,6 | 71,7 | 71,9 | 72,1 | 72,3 |
| 63                                | 72,8         | 73,1 | 73,3 | 73,6 | 73,8 | 74,0 | 74,2 | 74,4 | 74,6 | 74,7 |
| 80                                | 75,4         | 75,6 | 75,8 | 76,1 | 76,3 | 76,5 | 76,6 | 76,8 | 77,0 | 77,2 |
| 100                               | 78,0         | 78,2 | 78,5 | 78,7 | 78,9 | 79,0 | 79,1 | 79,2 | 79,4 | 79,5 |
| 125                               | 79,2         | 79,4 | 79,6 | 79,8 | 80,0 | 80,1 | 80,2 | 80,3 | 80,4 | 80,5 |
| 160                               | 79,1         | 79,3 | 79,5 | 79,6 | 79,8 | 79,9 | 80,0 | 80,0 | 80,0 | 80,1 |
| 200                               | 83,3         | 83,3 | 83,4 | 83,5 | 83,5 | 83,5 | 83,6 | 83,5 | 83,5 | 83,5 |
| 250                               | 83,7         | 83,8 | 83,8 | 83,8 | 83,9 | 83,8 | 83,8 | 83,7 | 83,7 | 83,6 |
| 315                               | 84,7         | 84,7 | 84,7 | 84,7 | 84,7 | 84,6 | 84,5 | 84,4 | 84,3 | 84,2 |
| 400                               | 85,1         | 85,0 | 85,0 | 85,0 | 85,0 | 84,9 | 84,7 | 84,6 | 84,4 | 84,3 |
| 500                               | 86,0         | 86,0 | 85,9 | 85,9 | 85,9 | 85,8 | 85,7 | 85,6 | 85,5 | 85,3 |
| 630                               | 86,5         | 86,5 | 86,4 | 86,4 | 86,4 | 86,4 | 86,3 | 86,3 | 86,2 | 86,1 |
| 800                               | 87,0         | 86,9 | 86,9 | 86,9 | 86,9 | 86,8 | 86,8 | 86,8 | 86,7 | 86,7 |
| 1000                              | 87,4         | 87,4 | 87,4 | 87,4 | 87,4 | 87,4 | 87,4 | 87,4 | 87,4 | 87,4 |
| 1250                              | 87,9         | 87,9 | 87,9 | 87,9 | 87,9 | 87,9 | 87,9 | 87,9 | 88,0 | 87,9 |
| 1600                              | 88,1         | 88,1 | 88,1 | 88,1 | 88,1 | 88,1 | 88,1 | 88,2 | 88,2 | 88,2 |
| 2000                              | 87,6         | 87,6 | 87,6 | 87,6 | 87,6 | 87,6 | 87,7 | 87,7 | 87,8 | 87,8 |
| 2500                              | 86,5         | 86,5 | 86,6 | 86,5 | 86,6 | 86,6 | 86,7 | 86,8 | 86,8 | 86,8 |
| 3150                              | 86,1         | 86,1 | 86,1 | 86,0 | 86,0 | 86,0 | 86,1 | 86,1 | 86,1 | 86,1 |
| 4000                              | 83,7         | 83,7 | 83,7 | 83,6 | 83,6 | 83,6 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 |
| 5000                              | 80,1         | 80,1 | 80,0 | 80,0 | 80,0 | 80,0 | 80,0 | 80,0 | 80,0 | 79,9 |
| 6300                              | 68,4         | 68,4 | 68,4 | 68,4 | 68,4 | 68,4 | 68,4 | 68,5 | 68,5 | 68,5 |
| 8000                              | 57,9         | 57,9 | 57,9 | 57,8 | 57,8 | 57,8 | 57,9 | 57,9 | 57,9 | 57,9 |
| 10000                             | 45,2         | 45,2 | 45,2 | 45,2 | 45,2 | 45,2 | 45,2 | 45,2 | 45,3 | 45,2 |