

**17.1 Sonstige Unterlagen**

Als Anlage beigefügt:

- Turbulenzgutachten
- LBP Bericht

Anlagen:

- 240531\_I17-SE-2023-651\_Rev.01\_Niedertrebra.pdf
- Eckol\_LBP\_NII.pdf



Gutachten zur Standorteignung von Windenergieanlagen  
nach DIBt 2012 für den Windpark Niedertrebra  
Deutschland

Bericht-Nr.: I17-SE-2023-651 Rev.01



I17-Wind GmbH & Co. KG --- Robert-Koch-Straße 29 --- 25813 Husum

Gutachten zur Standorteignung von WEA nach DIBt 2012 für den  
Windpark Niedertrebra

Bericht-Nr.: I17-SE-2023-651 Rev.01

Auftraggeber: Ulrich Heineck UHNS eK  
Im Unteren Dorf 65  
D-99518 Bad Sulza OT Eckolstädt

Auftragnehmer: I17-Wind GmbH & Co. KG  
Robert-Koch-Straße 29  
D-25813 Husum  
Tel.: 04841 – 87596 – 0  
E-Mail: mail@i17-wind.de  
Internet: www.i17-wind.de

Datum: 31. Mai 2024

## Haftungsausschluss und Urheberrecht

Das vorliegende Gutachten wurde unabhängig, unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen nach derzeitigem Stand der Technik erstellt. Für vom Auftraggeber und vom Anlagenhersteller bereitgestellte Daten, die nicht von der I17-Wind GmbH & Co. KG erhoben oder ermittelt wurden, kann keine Gewähr für deren Korrektheit übernommen werden. Diese werden als richtig vorausgesetzt.

Urheber des vorliegenden Gutachtens zur Standorteignung von WEA nach DIBt 2012 ist die I17-Wind GmbH & Co. KG. Der Auftraggeber erhält nach § 31 Urheberrechtsgesetz das einfache Nutzungsrecht, welches nur durch Zustimmung des Urhebers übertragen werden kann. Eine Bereitstellung zum uneingeschränkten Download in elektronischen Medien ist ohne gesonderte Zustimmung des Urhebers nicht gestattet.

## Akkreditierung

Die I17-Wind GmbH & Co. KG ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) für die Bereiche „Erstellen von Schallimmissionsprognosen für Windenergieanlagen; Erstellen von Schattenwurfimmissionsprognosen für Windenergieanlagen; Prüfung der Standorteignung von Windenergieanlagen mittels Berechnung (Turbulenzgutachten)“ akkreditiert. Die Registriernummer der Urkunde lautet D-PL-21268-01-00. Diese kann angefragt, oder in der Datenbank der akkreditierten Stellen der DAkkS eingesehen werden.

Die I17-Wind GmbH & Co. KG ist Mitglied im Sachverständigenbeirat des Bundesverbandes WindEnergie (BWE) e.V.

## Anmerkung zu Typenprüfung und Anlagenparametern der WEA

Wenn zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung die Typenprüfung oder Einzelprüfung für die geplanten WEA noch nicht vorlag, wurde der Vergleich auf Basis vom Hersteller übermittelter Auslegungswerte der geplanten WEA durchgeführt. Es besteht die Möglichkeit, dass die im Genehmigungsverfahren eingereichten Dokumente bezüglich der Auslegungswerte der betrachteten WEA nicht mit den im vorliegenden Gutachten zitierten Dokumenten übereinstimmen. Die zitierten Dokumente entsprechen dem aktuellen Stand zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung. Bei abweichenden Dokumenten behält das vorliegende Gutachten dennoch seine Gültigkeit, wenn die im Gutachten berücksichtigten Auslegungswerte durch die im Rahmen des Genehmigungsverfahrens eingereichten Auslegungswerte abgedeckt sind. Im Folgenden ist der Begriff Einzelprüfung stets durch den Begriff Typenprüfung mit abgedeckt, auch wenn dies nicht explizit erwähnt wird.

Änderungen der berücksichtigten Anlagenparameter wie  $c_t$ -Kurve und Schnelllaufzahl  $\lambda$  sind dem Anlagenhersteller vorbehalten und bedürfen einer neuen Berechnung und Bewertung. Bei einer Änderung der Anlagenparameter gegenüber dem Stand zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung verliert das vorliegende Gutachten seine Gültigkeit.

| Revisionsnummer | Datum      | Änderung                           | Verfasser |
|-----------------|------------|------------------------------------|-----------|
| 0               | 07.12.2023 | Erste Ausgabe                      | Ibrahim   |
| 1               | 31.05.2024 | Aktualisierung des Windparklayouts | Röglin    |

**Verfasser:**

Dipl.-Ing. (FH) Oliver Röglin, Sachverständiger  
 Husum, 31.05.2024



**Geprüft:**

M. Ed. Florian Clausen, Sachverständiger  
 Husum, 04.06.2024



**Freigegeben:**

Dipl.-Ing. (FH) Oliver Röglin, Sachverständiger  
 Husum, 05.06.2024



Dieses Dokument wurde digital signiert und die Integrität des Dokuments wurde überprüft. Das zugehörige Zertifikat kann von der I17-Wind GmbH & Co. KG auf Anfrage gerne zur Verfügung gestellt werden.

## Inhaltsverzeichnis

|       |                                                                                   |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Vorbemerkung.....                                                                 | 7  |
| 1.1   | Allgemeines .....                                                                 | 7  |
| 1.2   | Geführte Nachweise.....                                                           | 7  |
| 1.2.1 | Vergleich der Windbedingungen an topografisch nicht komplexen Standorten.....     | 8  |
| 1.2.2 | Vergleich der Windbedingungen an topografisch komplexen Standorten.....           | 8  |
| 1.2.3 | Verfahren bei Überschreitungen – Nachweis durch Vergleich der Lasten .....        | 9  |
| 1.3   | Hinweise zu den zu Grunde gelegten Richtlinien .....                              | 10 |
| 1.4   | Qualität der zu Grunde gelegten Daten und Modelle.....                            | 12 |
| 2     | Aufgabenstellung und Standort .....                                               | 13 |
| 2.1   | Umfang des Gutachtens .....                                                       | 13 |
| 2.2   | Standortbeschreibung.....                                                         | 13 |
| 2.3   | Auslegungswindbedingungen der geplanten WEA .....                                 | 13 |
| 3     | Vergleich der Windbedingungen.....                                                | 18 |
| 3.1   | Grundlagen .....                                                                  | 18 |
| 3.2   | Vergleich $v_{ave}$ und $v_{m50}$ .....                                           | 19 |
| 3.2.1 | Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit $v_{ave}$ .....                       | 19 |
| 3.2.2 | Vergleich der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit $v_{m50}$ .....                       | 19 |
| 3.3   | Vergleich der effektiven Turbulenzintensität $I_{eff}$ .....                      | 20 |
| 3.3.1 | Auslegungswindbedingungen hinsichtlich der Turbulenzintensität .....              | 20 |
| 3.3.2 | Ermittlung der Umgebungsturbulenzintensität .....                                 | 22 |
| 3.3.3 | Ermittlung der effektiven Turbulenzintensität $I_{eff}$ .....                     | 24 |
| 3.4   | Schräganströmung $\delta$ .....                                                   | 30 |
| 3.5   | Höhenexponent $\alpha$ .....                                                      | 31 |
| 3.6   | Luftdichte $\rho$ .....                                                           | 32 |
| 3.7   | Extreme Turbulenzintensität $I_{ext}$ .....                                       | 33 |
| 4     | Zusammenfassung.....                                                              | 34 |
| 4.1   | Neu geplante WEA .....                                                            | 34 |
| 4.2   | Bestehende WEA.....                                                               | 35 |
| 4.2.1 | Nachweis der Standorteignung durch den Vergleich mit den Auslegungswerten .....   | 35 |
| 4.2.2 | Nachweis der Standorteignung mittels Lastvergleich durch den WEA Hersteller ..... | 35 |
| 4.2.3 | Zusammenfassung.....                                                              | 36 |
| 5     | Standortbesichtigung .....                                                        | 37 |
|       | Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....                                            | 38 |
|       | Literaturverzeichnis.....                                                         | 40 |
|       | Anhang / Übermittelte Windverhältnisse am Standort .....                          | 42 |

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Zu untersuchende Windparkkonfiguration; Kartenmaterial; Übersicht: [19.1, 19.2] .. 16  
 Abbildung 2.2: Zu untersuchende Windparkkonfiguration; Kartenmaterial; Detail: [19.1, 19.2] ..... 17

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Zu untersuchende Windparkkonfiguration ..... 14  
 Tabelle 2.2: Auslegungswindbedingungen der neu geplanten WEA ..... 15  
 Tabelle 3.1: Windverhältnisse am Standort WV 1/1 [22.1] ..... 18  
 Tabelle 3.2: Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit  $v_{ave}$  auf Nabenhöhe der geplanten WEA.. 19  
 Tabelle 3.3: Vergleich der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit  $v_{m50}$  auf Nabenhöhe der geplanten WEA 20  
 Tabelle 3.4: Richtlinienabhängige Auslegungswindbedingungen hinsichtlich der Turbulenzintensität 21  
 Tabelle 3.5: Komplexitätskriterien und  $C_{CT}$  nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6]..... 23  
 Tabelle 3.6: Repräsentative Turbulenzintensität für einen Standort..... 24  
 Tabelle 3.7: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten  $I_{eff}$  (vor Zubau) ..... 27  
 Tabelle 3.8: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten  $I_{eff}$  (nach Zubau) Teil 1 ..... 28  
 Tabelle 3.9: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten  $I_{eff}$  (nach Zubau) Teil 2 ..... 29  
 Tabelle 3.10 Standortmittelwert der Schräganströmung  $\delta_{NH}$  der neu geplanten WEA..... 30  
 Tabelle 3.11 Standortmittelwert des Höhenexponenten  $\alpha_{NH}$  der neu geplanten WEA..... 31  
 Tabelle 3.12: Standortmittelwert der Luftdichte  $\rho_{NH}$  der neu geplanten WEA..... 32  
 Tabelle 3.13: Ermittelte extreme Turbulenzintensitäten  $I_{ext, NH}$  ..... 33  
 Tabelle 4.1: Zusammenfassung der Ergebnisse geplante WEA..... 34  
 Tabelle 4.2: Zusammenfassung der Ergebnisse Bestands-WEA..... 36  
 Tabelle A.1: Windverhältnisse am Standort WV 2/1 [22.1] ..... 42

# 1 Vorbemerkung

## 1.1 Allgemeines

Das Deutsche Institut für Bautechnik DIBt hat Anfang des Jahres 2013 die Fassung Oktober 2012 der „Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ veröffentlicht und im März 2015 eine korrigierte Fassung herausgegeben [1.1], auf deren Grundlage das vorliegende Gutachten erstellt wurde.

Aufgrund fehlender Kriterien für einen Immissionsgrenzwert für die durch benachbarte Windenergieanlagen verursachten erhöhten Turbulenzbelastungen an einer WEA, können ersatzweise die Kriterien der Standorteignung bezüglich der effektiven Turbulenzintensität für eine Turbulenzimmissionsprognose im Rahmen eines Antrages nach dem Bundes-Immissionsschutz-Gesetz (BImSchG) herangezogen werden. Eine Reduktion der Lebenszeit und der zusätzliche Verschleiß der WEA sind zumutbar, solange die Standorteignung hinsichtlich der Auslegungswerte der Turbulenzintensität oder hinsichtlich der Auslegungslasten gewährleistet bleibt. Somit stellt das vorliegende Gutachten zur Standorteignung von WEA zusätzlich eine Turbulenzimmissionsprognose im Sinne des BImSchG dar und kann als Bestandteil der Antragsstellung nach dem BImSchG verwendet werden.

## 1.2 Geführte Nachweise

Die Richtlinie DIBt 2012 [1.1] fordert in Kapitel 16 ein alternatives, vereinfachtes Verfahren zum Nachweis der Standorteignung von WEA, das jedoch nur angewendet werden darf, wenn die Standorte der geplanten WEA nach DIN EN 61400-1:2011-08 [7] als nicht topografisch komplexe Standorte zu bezeichnen sind. Im Dezember 2019 wurde die Norm DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] veröffentlicht, welche die Norm DIN EN 61400-1:2011-08 [7] ersetzt. Entsprechend der Richtlinie DIBt 2012 [1.1] ist die jeweils angewendete Ausgabe der Norm DIN EN (IEC) 61400-1, entsprechend [6] oder [7], in Ihrer Gesamtheit anzuwenden, weshalb auch die Ermittlung der topografischen Komplexität im vorliegenden Gutachten nach [6] erfolgt. Sind vereinzelte Standorte neu geplanter WEA als topografisch komplex zu bezeichnen, wird der vereinfachte Nachweis der Standorteignung nach [1.1] um die Kriterien nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6], Abschnitt 11.9, erweitert. Die Vergleiche der Auslegungswerte für die zu untersuchenden Größen mit den im Rahmen dieses Gutachtens ermittelten Werten sind nach der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 nur für neu geplante Anlagen zu führen [1.1]. Für bestehende Anlagen, die nach der DIBt 1993 [3] oder DIBt 2004 [2] typengeprüft wurden, darf im Falle einer Parkänderung / -erweiterung der Nachweis der Standorteignung auch weiterhin nach dem Verfahren der DIBt 2004 erbracht werden [1.1].

Die Richtlinie DIBt 2012 [1.1] lässt folgende Möglichkeiten, bzw. mögliche auftretende Konfigurationen, in Bezug auf die Typenprüfung und die dieser zu Grunde gelegten Richtlinie, unberücksichtigt:

- i. Der geplanten Anlage liegt eine Typenprüfung nach der Richtlinie DIBt 2004 [2] zu Grunde.
- ii. Einer oder mehrerer zu berücksichtigender Bestandsanlagen liegt eine Typenprüfung nach der DIBt 2012 [1.1] Richtlinie zu Grunde.

Für diese zwei beschriebenen Fälle, die nicht durch die DIBt 2012 [1.1] abgedeckt sind, werden folgende Verfahrensweisen gemäß [1.2] als Quasistandard angewandt:

- i. Liegt einer neu geplanten Anlage eine Typenprüfung gemäß DIBt 2004 [2] zu Grunde, wird der Nachweis der Standorteignung basierend auf dem vereinfachten Verfahren nach DIBt 2012 [1.1], beschrieben in Abschnitt 1.2.1, geführt. Dieser Nachweis entspricht den Mindestanforderungen der zum Nachweis der Standorteignung der Typenprüfung nach DIBt 2004 [2] zu Grunde gelegten Richtlinie DIN EN 61400-1:2004 [8], bzw. IEC 61400-1 ed.2 [4].
- ii. Da davon auszugehen ist, dass für bereits genehmigte, bzw. bestehende Anlagen mit einer Typenprüfung nach DIBt 2012 [1.1] die Standorteignung in deren Genehmigungsverfahren



nachgewiesen wurde, werden nur durch hinzukommende Anlagen beeinflusste Parameter geprüft und mit den Auslegungswerten verglichen. Dies entspricht lediglich der effektiven Turbulenzintensität  $I_{\text{eff}}$ , welche durch einen Zubau erhöht werden kann.

Nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 [9] ist bei zylindrischen Bauwerken die Untersuchung von Interferenzeffekten oder wirbelerregten Schwingungen zu führen, wenn deren Abstand untereinander den in [9] definierten Mindestabstand unterschreitet. Diese Untersuchung ist nicht Bestandteil der Richtlinie DIBt 2012 [1.1] und wird daher im vorliegenden Gutachten nicht durchgeführt, sondern hat durch einen dritten unabhängigen Gutachter oder Prüfstatiker zu erfolgen.

### 1.2.1 Vergleich der Windbedingungen an topografisch nicht komplexen Standorten

Der nach der DIBt Richtlinie Fassung 2012 [1.1] vereinfachte Nachweis zur Standorteignung verlangt folgende Nachweise der Windbedingungen auf Nabenhöhe der geplanten WEA:

- i. Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit.
  - (1) Die mittlere Windgeschwindigkeit am Standort ist um mindestens 5 % kleiner als gemäß Typen-/Einzelprüfung, oder
  - (2) die mittlere Windgeschwindigkeit ist kleiner als gemäß Typen-/Einzelprüfung und für den Formparameter  $k$  der Weibull-Funktion gilt:  $k \geq 2$ .
- ii. Vergleich der effektiven Turbulenzintensität nach DIN EN 61400-1:2011-08 [7] zwischen  $0.2 v_{m50}(h)$  und  $0.4 v_{m50}(h)$  mit der Auslegungsturbulenz nach NTM.
- iii. Vergleich der 50-Jahreswindgeschwindigkeit.
  - (1) Die Windzone gemäß Typen-/Einzelprüfung deckt die Windzone des betrachteten Standortes entsprechend der Windzonenkarte ab (die detaillierten Regelungen gemäß DIN EN 1991-1-4, Absatz 4.3.3 einschließlich NA [9] für nicht ebene Geländelagen sind ggf. zu beachten), oder
  - (2) die 50-Jahreswindgeschwindigkeit  $v_{m50}(h)$  gemäß Typen-/Einzelprüfung deckt die 50-Jahreswindgeschwindigkeit am Standort ab (z.B. Nachweis durch eine Extremwindabschätzung).

### 1.2.2 Vergleich der Windbedingungen an topografisch komplexen Standorten

Handelt es sich nach Abschnitt 11.2 der DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] um einen als topografisch komplex zu bezeichnenden Standort der Kategorie L, M oder H und liegt der zu untersuchenden WEA eine Typenprüfung nach DIBt 2012 [1.1] zu Grunde, wird der vereinfachte Nachweis zur Standorteignung nach Abschnitt 1.2.1 um folgende Nachweise der Windbedingungen auf Nabenhöhe der geplanten WEA, basierend auf DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] erweitert.

- i. Der windenergiegewichtete Mittelwert aller Richtungen der Schräganströmung  $\delta$  darf den vorgegebenen Wert von  $\pm 8^\circ$ , bzw. den in der Typenprüfung angegebenen Wert, nicht überschreiten bzw. unterschreiten.
- ii. Der über alle Richtungen und Windgeschwindigkeiten energiegewichtete Standortmittelwert des Höhenexponenten  $\alpha$  darf den Wert von  $0.05 \leq \alpha \leq 0.25$ , bzw. den in der Typenprüfung angegebenen Wert nicht überschreiten bzw. unterschreiten.
- iii. Der Standortmittelwert der Luftdichte  $\rho$  darf bei allen Windgeschwindigkeiten größer gleich der Nennwindgeschwindigkeit  $v_r$  den Wert  $1.225 \text{ kg/m}^3$  oder den in der Typenprüfung angegebenen Wert nicht überschreiten. Alternativ kann eine Luftdichte über dem Wert von  $1.225 \text{ kg/m}^3$  oder dem in der Typenprüfung angegebenen Wert durch Einhaltung der folgenden Ungleichung nachgewiesen werden:

$$\rho_{\text{Auslegung}} * v_{\text{ave,Auslegung}}^2 \geq \rho_{\text{Standort}} * v_{\text{ave,Standort}}^2$$

- iv. Es ist der Nachweis zu erbringen, dass die Auslegungswerte des ETM auch unter Berücksichtigung der Nachlaufsituation mit der höchsten Nachlaufturbulenz im Zentrum des Nachlaufs, nicht überschritten werden.

### 1.2.3 Verfahren bei Überschreitungen – Nachweis durch Vergleich der Lasten

Kann der vereinfachte Nachweis der Windbedingungen nach DIBt 2012 [1.1] aus Abschnitt 1.2.1 nicht geführt werden, da die zu prüfenden Parameter mittlere Windgeschwindigkeit  $v_{ave}$  oder effektive Turbulenzintensität  $I_{eff}$  nicht eingehalten werden, kann die Standorteignung durch einen Lastvergleich (Vergleich der standortspezifischen Lasten mit den Lastannahmen der Typenprüfung) der Betriebsfestigkeitslasten nachgewiesen werden. In diesem Fall ist der Nachweis der Standorteignung der jeweiligen WEA auf Basis eines Lastvergleiches der Betriebsfestigkeitslasten (DLC 1.2) zu führen. Wird der Auslegungswert  $v_{m50}$  nicht eingehalten, kann die Standorteignung auf Basis eines Lastvergleiches der Extremlasten nachgewiesen werden. In diesem Fall ist der Nachweis der Standorteignung der jeweiligen WEA auf Basis eines Lastvergleiches der Extremlasten (DLC 1.1, DLC 1.3, DLC 6.1, und DLC 6.2) zu führen.

Kann der Nachweis der Windbedingungen an einem als topografisch komplex zu bezeichnenden Standort nach Abschnitt 1.2.1 und Abschnitt 1.2.2 nicht geführt werden, da einer oder mehrere der zu prüfenden Werte nicht eingehalten werden, kann die Standorteignung entsprechend DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] auf Basis eines Lastvergleiches unter Berücksichtigung der standortspezifischen Windbedingungen aus Abschnitt 1.2.1 und Abschnitt 1.2.2 durchgeführt werden. Demnach ist der Nachweis der Standorteignung der jeweiligen WEA auf Basis eines Lastvergleiches der Betriebsfestigkeitslasten (DLC 1.2) und/oder der Extremlasten (DLC 1.1, DLC 1.3, DLC 6.1, und DLC 6.2) zu führen.

In beiden Fällen werden die der Typenprüfung zu Grunde gelegten Auslegungslasten mit den standortspezifischen Lasten, die auf Basis der standortspezifischen Windbedingungen aus dem vorliegenden Gutachten ermittelt werden, verglichen. Wenn sich zeigt, dass die standortspezifischen Lasten die Auslegungslasten nicht überschreiten oder diese einhalten, ist eine Standorteignung durch den Vergleich der Lasten nachgewiesen. Werden die Auslegungslasten nicht eingehalten, muss die Anlage gegebenenfalls mit einer sektoriellen Betriebseinschränkung betrieben werden, um die Lasten soweit zu reduzieren, dass sie innerhalb der Auslegungslasten liegen, oder die Standorteignung kann nicht durch einen Vergleich der Lasten nachgewiesen werden.

Die Berechnung der standortspezifischen Lasten erfolgt in der Regel durch den Hersteller der betrachteten WEA. Der zugehörige Bericht zur durchgeführten Lastberechnung wird der I17-Wind GmbH & Co. KG im Rahmen einer Geheimhaltungsvereinbarung vorgelegt. Zudem ist es möglich die Betriebsfestigkeits- und Extremlasten einer WEA basierend auf einem generischen Anlagenmodell zu ermitteln und mit den Auslegungslasten, welche mittels des identischen generischen Anlagenmodells ermittelt werden, zu vergleichen. Diese Berechnungen erfolgen in der Regel nicht durch den Anlagenhersteller, sondern durch einen dritten unabhängigen Gutachter. Die Berichte werden von der I17-Wind GmbH & Co. KG dahingehend überprüft, dass die Eingangsdaten korrekt übernommen und angesetzt wurden. Das Ergebnis einer Lastberechnung wird als richtig vorausgesetzt. Eine Haftung für die Richtigkeit einer Lastrechnung, sowohl eines Anlagenherstellers als auch eines dritten, unabhängigen Gutachters, wird nicht übernommen.

### 1.3 Hinweise zu den zu Grunde gelegten Richtlinien

Folgende, von der DIBt 2012 Richtlinie [1.1] und der DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] abweichende, jedoch konservativ abdeckende, Verfahren wurden für das vorliegende Gutachten zur Standorteignung von WEA gewählt:

- I. Entsprechend der DIBt 2012 [1.1] ist es für eine Prüfung der Standorteignung Voraussetzung, dass für die WEA eine Typenprüfung bzw. eine Einzelprüfung vorliegt. Ist dies nicht der Fall, wird der Vergleich auf Basis von vorläufigen Auslegungswerten, für die die Typenprüfung voraussichtlich angestrebt wird, durchgeführt. Somit behält das vorliegende Gutachten im Falle einer Typenprüfung bzw. Einzelprüfung, welche die zu Grunde gelegten Auslegungsparameter abdeckt, seine Gültigkeit.
- II. Es wird davon ausgegangen, dass jede im Gutachten betrachtete WEA die Ihrer Typenprüfung zu Grunde gelegte Auslegungslebensdauer  $\tau_{TP}$  noch nicht überschritten hat.
- III. Der Vergleich des Standortwertes der mittleren Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe  $v_{ave}$  mit dem Auslegungswert kann nur nach [1.1] erfolgen, wenn die Auslegungswerte der zu betrachtenden WEA einen Formparameter  $k$  der Weibullverteilung von  $k = 2.0$  ausweisen. Wenn die Auslegungswerte der zu betrachtenden WEA einen Formparameter  $k \neq 2.0$  ausweisen, kann der in [1.1] geforderte Vergleich nicht mehr erfolgen. In diesem Fall wird das Verfahren nach [6] gewählt, welches einen Vergleich der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion  $pdf_{NH}$  der standortspezifischen Windgeschwindigkeiten mit der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion  $pdf_{TP}$  der Typenprüfung in einem Bereich von  $v_{ave} - 2v_{ave}$  fordert. Zusätzlich wird der Bereich von  $0.2v_{ref} - 0.4v_{ref}$  nach [7] herangezogen und stets der konservativ abdeckende Bereich dem Vergleich zu Grunde gelegt. In dem zu untersuchenden Bereich muss die Bedingung  $pdf_{NH} \leq pdf_{TP}$  erfüllt sein. Die Berechnung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen  $pdf_{NH}$  und  $pdf_{TP}$  erfolgt entsprechend [6] auf Basis der Standortmittelwerte  $A_{NH}$  und  $k_{NH}$  bzw. der Auslegungswerte  $A_{TP}$  und  $k_{TP}$  der zu untersuchenden WEA.

Kann der Vergleich des Standortwertes der mittleren Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe  $v_{ave}$  mit dem Auslegungswert nach DIBt Richtlinie Fassung 2012 [1.1] nicht erbracht werden, wird sich zur Definition von sektoriellen Betriebsbeschränkungen vorbehalten den Vergleich der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der standortspezifischen Windgeschwindigkeiten  $pdf_{NH}$  nach [6] durchzuführen, da dieses Verfahren das in [1.1] geforderte Verfahren konservativ mit abdeckt.

- IV. Erfolgt der Nachweis der Standorteignung durch den Vergleich der Windbedingungen nach Abschnitt 1.2.1 und 1.2.2, hat der Vergleich der standortspezifischen effektiven Turbulenzintensität und der Auslegungsturbulenz nach NTM in dem Bereich zwischen  $0.2v_{m50}(h)$  und  $0.4v_{m50}(h)$  zu erfolgen [1.1]. Liegt einer zu betrachtenden WEA keine Auslegungsturbulenz nach NTM vor, erfolgt der Vergleich mit der in der Typenprüfung aufgeführten Auslegungsturbulenz. Entsprechend [6] hat der Vergleich in dem Bereich zwischen  $v_{ave}$  und  $2v_{ave}$  zu erfolgen. Erfolgt der Nachweis der Standorteignung durch den Vergleich der Lasten nach Abschnitt 1.2.3, sind der Lastberechnung nach [1.1] mindestens die standortspezifischen effektiven Turbulenzintensitäten von  $v_{in}$  bis  $0.4v_{m50}(h)$  bzw. von  $v_{in}$  bis  $v_{out}$  entsprechend DLC 1.2 nach [6] zu Grunde zu legen. Im vorliegenden Gutachten werden die standortspezifischen effektiven Turbulenzintensitäten mindestens im Windgeschwindigkeitsbereich von 5 m/s bis 25 m/s (bzw.  $v_{out}$  wenn  $v_{out} < 25$  m/s) ausgewiesen, was die oben beschriebenen Anforderungen für den Nachweis der Standorteignung durch den Vergleich der Windbedingungen nach [1.1], [6] und auch [7] abdeckt. Erfolgt der Nachweis der Standorteignung durch den Vergleich der Lasten, werden dem Anlagenhersteller grundsätzlich die standortspezifischen effektiven Turbulenzintensitäten in dem Bereich von  $v_{in}$  bis  $v_{out}$  zur Verfügung gestellt. Liegt einer zu prüfenden WEA eine Typenprüfung nach [2] zu Grunde,

erfolgt der Vergleich mit der Turbulenzkurve für Turbulenzkategorie A nach [1.1], da dieser Verlauf den nach [2] anzusetzenden mit abdeckt.

- V. Bezüglich der effektiven Turbulenzintensität  $I_{\text{eff}}$  werden grundsätzlich alle Anlagen im Umkreis des 10fachen Rotordurchmessers  $D$  der geplanten Anlage(n) in die Betrachtung einbezogen und nachgewiesen. Dieses Kriterium deckt alle Kriterien nach [1.1], [6] und [7] ab.
- VI. Der standortspezifische Mittelwert der Luftdichte  $\rho$  wird abdeckend für alle Windgeschwindigkeiten angegeben.
- VII. Hinsichtlich der Auslegungswindbedingungen des ETM werden die Werte der höchsten Turbulenz im Zentrum des Nachlaufs ausgewiesen. Da eine Überschreitung der Auslegungswindbedingungen bezüglich des ETM in der Regel mit einer Überschreitung der effektiven Turbulenzintensität einhergeht, kann davon ausgegangen werden, dass eine Überschreitung der extremen Turbulenzintensität nur in solchen Fällen eintritt, in denen die Standorteignung durch eine Lastrechnung des Herstellers nachgewiesen werden muss, was dann auf Basis der ausgewiesenen Werte für die Extremturbulenz erfolgt. Aus diesem Grund wird der Vergleich der Auslegungswindbedingungen des ETM mit den Standortbedingungen nicht geführt.
- VIII. Auf Grund der verwendeten Berechnungsprogramme und deren Zahlenausgabeformat, werden die im vorliegenden Gutachten ausgewiesenen Ergebnisse in der Regel mit dem Dezimaltrennzeichen „Punkt“ versehen.
- IX. Auf Grund der unterschiedlichen Begrifflichkeiten und Bezeichnungen identischer Größen in den zu Grunde gelegten Richtlinien und Normen, werden im vorliegenden Gutachten teilweise Begriffe und Bezeichnungen gewählt bzw. eingeführt, die, soweit möglich, eine Ähnlichkeit zu den jeweiligen Begriffen und Bezeichnungen in den Richtlinien und Normen aufweisen, um sie diesen zuordnen zu können. Die korrekte Umsetzung der in den Richtlinien und Normen geforderten Vergleiche bleibt davon unberührt.

## 1.4 Qualität der zu Grunde gelegten Daten und Modelle

Alle im Rahmen des vorliegenden Gutachtens ermittelten Ergebnisse und Zwischenergebnisse basieren einerseits auf Angaben, die vom Auftraggeber übermittelt wurden und andererseits auf Berechnungsergebnissen, die durch die I17-Wind GmbH & Co. KG ermittelt wurden. Zu den Unsicherheiten der den Eingangsdaten vom Auftraggeber zu Grunde gelegten Berechnungsmodellen kann seitens der I17-Wind GmbH & Co. KG keine Aussage getroffen werden. Diese Eingangsdaten werden im Weiteren als richtig und repräsentativ für den betrachteten Standort vorausgesetzt.

Die in den Berechnungen herangezogenen Anlagenparameter, Schubbeiwert  $c_t$  und Schnelllaufzahl  $\lambda$ , werden in der Regel vom Anlagenhersteller bereitgestellt. Diese Werte werden als richtig vorausgesetzt. Die berücksichtigten Werte entsprechen dem Stand zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung. Änderungen sind dem Anlagenhersteller vorbehalten und bedürfen einer neuen Berechnung und Bewertung. Bei Anlagen, für die keine Informationen vorliegen, werden konservativ abdeckende, generische Anlagenparameter angesetzt, wobei keine Haftung für die Richtigkeit der ermittelten Werte übernommen wird.

Die im vorliegenden Gutachten angegebenen Nabenhöhen der geplanten WEA entsprechen stets der aktuell vorliegenden Dokumentation. In der Entwicklungsphase einer WEA sind geringfügige Änderungen der Nabenhöhe ohne eine Änderung der zu Grunde gelegten Auslegungswindbedingungen möglich, sodass die im vorliegenden Gutachten betrachtete Nabenhöhe von der in den Antragsunterlagen ausgewiesenen Nabenhöhe geringfügig abweichen kann. Das Gleiche gilt für die in den Genehmigungen dokumentierten Nabenhöhen bestehender WEA, die ebenfalls geringfügig von aktuellen Werten abweichen können. Bei einer Abweichung der Nabenhöhe von maximal  $\pm 1$  m behält das vorliegende Gutachten seine vollumfängliche Gültigkeit, wenn die im Gutachten berücksichtigten Auslegungswindbedingungen, durch die im Rahmen des Genehmigungsverfahrens eingereichten Auslegungswindbedingungen, abgedeckt sind.

Den von der I17-Wind GmbH & Co. KG ermittelten Ergebnissen liegen unterschiedliche, vereinfachte physikalische Modelle zu Grunde, die nur annähernd die Realität abbilden, jedoch als konservativ zu bewerten sind. Des Weiteren werden bei den Berechnungen teilweise vereinfachende Annahmen getroffen, die jedoch allesamt ebenfalls als konservativ zu bewerten sind.

## 2 Aufgabenstellung und Standort

### 2.1 Umfang des Gutachtens

Da im geplanten Windpark kein Anlagenstandort einer nach DIBt 2012 typengeprüften neu geplanten Anlage nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] als topografisch komplexer Standort zu bezeichnen ist, findet für alle WEA das vereinfachte Verfahren nach Abschnitt 1.2.1 Anwendung.

### 2.2 Standortbeschreibung

Der Auftraggeber plant die Errichtung von acht WEA des Typs Enercon E-175 EP5 / 6000 kW auf 162.0 m Nabenhöhe am Standort Niedertrebra in Thüringen.

Die I17-Wind GmbH & Co. KG wurde damit beauftragt, ein Gutachten zur Standorteignung von WEA nach der DIBt 2012 Richtlinie [1.1] unter Berücksichtigung der in Tabelle 2.1 aufgeführten [21] und in Abbildung 2.1 und Abbildung 2.2 dargestellten WEA zu erstellen. Tabelle 2.1 führt neben den Spezifikationen der WEA am Standort auch die der Typenprüfung zu Grunde gelegten, bzw. bei fehlender Information unterstellten, Richtlinien auf. Des Weiteren wird aufgeführt, welcher Wöhlerlinienkoeffizient  $m$  und welcher Betriebsmodus für die Berechnung der effektiven Turbulenzintensität  $I_{eff}$  herangezogen wurde. Die Ergebnisse in 3.3.3 berücksichtigen den jeweiligen Wöhlerlinienkoeffizienten aus Tabelle 2.1. Wenn über den Betriebsmodus keine Informationen in den Eingangsdaten vorliegen, wird stets mit dem Betriebsmodus gerechnet, der die konservativsten Ergebnisse liefert, was dem offenen, nicht leistungsreduzierten Betriebsmodus entspricht.

Die Spalte „Innerhalb 10  $D$ “ weist aus, welche WEA sich innerhalb eines Umkreises von 10  $D$  um die geplanten WEA befinden. Für diese WEA hat nach [6] und [7] eine Bewertung der topografischen Komplexität und der effektiven Turbulenzintensität  $I_{eff}$  zu erfolgen.

Im vorliegenden Gutachten beziehen sich alle Bezeichnungen auf die interne, laufende W-Nummer. Wird eine Größe mit dem Index  $_{TP}$  bezeichnet, handelt es sich um den Auslegungswert der zu betrachtenden WEA. Eine Bezeichnung mit dem Index  $_{NH}$  weist auf den standortspezifischen Wert der betrachteten Anlage hin.

Im vorgegebenen Windparklayout ergibt sich der geringste relative Abstand  $s$  einer neu geplanten WEA zu einer anderen WEA von 2.53, bezogen auf den größeren Rotordurchmesser  $D$ . Dies betrifft die WEA W1 und W2.

### 2.3 Auslegungswindbedingungen der geplanten WEA

Die Auslegungswindbedingungen werden entweder der Typenprüfung entnommen oder vom Hersteller übermittelt. Da der Vergleich der Auslegungswindbedingungen, abgesehen von  $I_{eff}$ , mit den standortspezifischen Bedingungen nur für neu geplante WEA zu führen ist, werden in Tabelle 2.2 nur die Auslegungswindbedingungen der neu geplanten WEA aufgeführt.



Tabelle 2.1: Zu untersuchende Windparkkonfiguration

| Interne W-Nr. | Bezeichnung Auftraggeber | Neu / Bestand | Innerhalb 10 D | Topografische Komplexität |           | UTM ETRS89 Zone 32 |         | Hersteller | WEA Typ                    | NH <sup>1</sup> [m] | D [m] | Betriebsmodus | FEH [m] | P <sub>n</sub> [kW] | Prüfgrundlage DIBt | TK | Auslegungslebensdauer τ <sub>TP</sub> [a] | m <sub>max,TP</sub> [-] | Zu Grunde gelegte WV |
|---------------|--------------------------|---------------|----------------|---------------------------|-----------|--------------------|---------|------------|----------------------------|---------------------|-------|---------------|---------|---------------------|--------------------|----|-------------------------------------------|-------------------------|----------------------|
|               |                          |               |                | Komplex                   | Kategorie | X [m]              | Y [m]   |            |                            |                     |       |               |         |                     |                    |    |                                           |                         |                      |
| W1            | WEA-3-N3                 | Neu           | Ja             | Nein                      | -         | 681998             | 5659659 | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW        | 162.0               | 175.0 | OM-0          | 0.0     | 6000                | 2012               | A  | 25                                        | 14                      | WV 2/1               |
| W2            | WEA-4-N4                 | Neu           | Ja             | Nein                      | -         | 682224             | 5659279 | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW        | 162.0               | 175.0 | OM-0          | 0.0     | 6000                | 2012               | A  | 25                                        | 14                      | WV 2/1               |
| W3            | WEA-5-N5                 | Neu           | Ja             | Nein                      | -         | 682430             | 5660156 | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW        | 162.0               | 175.0 | OM-0          | 0.0     | 6000                | 2012               | A  | 25                                        | 14                      | WV 2/1               |
| W4            | WEA-6-N6                 | Neu           | Ja             | Nein                      | -         | 682651             | 5659591 | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW        | 162.0               | 175.0 | OM-0          | 0.0     | 6000                | 2012               | A  | 25                                        | 14                      | WV 2/1               |
| W5            | WEA-8-O1                 | Neu           | Ja             | Nein                      | -         | 681124             | 5658794 | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW        | 162.0               | 175.0 | OM-0          | 0.0     | 6000                | 2012               | A  | 25                                        | 14                      | WV 2/1               |
| W6            | WEA-9-F1                 | Neu           | Ja             | Nein                      | -         | 680602             | 5657942 | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW        | 162.0               | 175.0 | OM-0          | 0.0     | 6000                | 2012               | A  | 25                                        | 14                      | WV 2/1               |
| W7            | WEA-10-F2                | Neu           | Ja             | Nein                      | -         | 680383             | 5658385 | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW        | 162.0               | 175.0 | OM-0          | 0.0     | 6000                | 2012               | A  | 25                                        | 14                      | WV 2/1               |
| W8            | WEA-7-S2                 | Neu           | Ja             | Nein                      | -         | 685582             | 5661114 | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW        | 162.0               | 175.0 | OM-0          | 0.0     | 6000                | 2012               | A  | 25                                        | 14                      | WV 2/1               |
| W9            | E1                       | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 684086             | 5659140 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W11           | K1                       | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 681424             | 5653515 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W12           | K2                       | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 680838             | 5654240 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 2/1               |
| W13           | K3                       | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 681198             | 5653872 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W14           | M2                       | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 686981             | 5659385 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W15           | M3                       | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 687280             | 5659178 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W16           | M4                       | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 687524             | 5659879 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W17           | M5                       | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 687486             | 5659524 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W18           | M6                       | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 688012             | 5659474 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W19           | N1                       | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 681406             | 5659383 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 2/1               |
| W20           | N2                       | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 681771             | 5659152 | Enercon    | E-138 EP3 E3 / 4.260 kW    | 160.0               | 138.3 | OM 0s         | 0.0     | 4260                | 2012               | A  | 25                                        | 10                      | WV 2/1               |
| W21           | N7                       | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 682865             | 5659166 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 2/1               |
| W22           | N8                       | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 683440             | 5658996 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W23           | S1                       | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 684578             | 5660291 | Enercon    | E-138 EP3 E3 / 4.260 kW    | 160.0               | 138.3 | OM 0s         | 0.0     | 4260                | 2012               | A  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W24           | S3                       | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 685423             | 5660526 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W27           | W1                       | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683124             | 5655431 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W28           | W2                       | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683830             | 5655459 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W29           | W3                       | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683681             | 5656023 | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6               | 160.0 | OM 0s         | 0.0     | 5560                | 2012               | B  | 25                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W30           | E53 531489               | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683506             | 5657471 | Enercon    | E-53 / 800 kW              | 73.0                | 52.9  | BM 0 s        | 0.0     | 800                 | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W31           | E82 825366               | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 685738             | 5659006 | Enercon    | E-82 E2 / 2.300 kW         | 138.0               | 82.0  | BM 0 s        | 0.0     | 2300                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W32           | E82 825365               | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 685743             | 5658696 | Enercon    | E-82 E2 / 2.300 kW         | 138.0               | 82.0  | BM 0 s        | 0.0     | 2300                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W33           | E82 825817               | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683478             | 5656445 | Enercon    | E-82 E2 / 2.300 kW         | 98.0                | 82.0  | BM 0 s        | 0.0     | 2300                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W34           | E82 825815               | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683756             | 5656855 | Enercon    | E-82 E2 / 2.300 kW         | 98.0                | 82.0  | BM 0 s        | 0.0     | 2300                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W35           | E82 825816               | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683400             | 5656756 | Enercon    | E-82 E2 / 2.300 kW         | 98.0                | 82.0  | BM 0 s        | 0.0     | 2300                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W36           | WEA 47364                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683727             | 5657298 | Vestas     | V90-2.0 MW GS              | 105.0               | 90.0  | Mode 0        | 0.0     | 2000                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W37           | WEA 47365                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683290             | 5657599 | Vestas     | V90-2.0 MW GS              | 105.0               | 90.0  | Mode 0        | 0.0     | 2000                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W38           | WEA 47366                | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 683347             | 5657989 | Vestas     | V90-2.0 MW GS              | 105.0               | 90.0  | Mode 0        | 0.0     | 2000                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W39           | WEA 47367                | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 683264             | 5658327 | Vestas     | V90-2.0 MW GS              | 105.0               | 90.0  | Mode 0        | 0.0     | 2000                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W40           | WEA 47371                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 684397             | 5659219 | Vestas     | V90-2.0 MW GS              | 105.0               | 90.0  | Mode 0        | 0.0     | 2000                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W41           | WEA 47370                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 684653             | 5659510 | Vestas     | V90-2.0 MW GS              | 105.0               | 90.0  | Mode 0        | 0.0     | 2000                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W42           | WEA 47372                | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 685044             | 5659729 | Vestas     | V90-2.0 MW GS              | 105.0               | 90.0  | Mode 0        | 0.0     | 2000                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W43           | WEA 47373                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 685129             | 5659364 | Vestas     | V90-2.0 MW GS              | 105.0               | 90.0  | Mode 0        | 0.0     | 2000                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |
| W44           | WEA 47374                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 685242             | 5659025 | Vestas     | V90-2.0 MW GS              | 105.0               | 90.0  | Mode 0        | 0.0     | 2000                | 2004               | A  | 20                                        | 10                      | WV 1/1               |

<sup>1</sup> Siehe Kapitel 1.4 Absatz 3

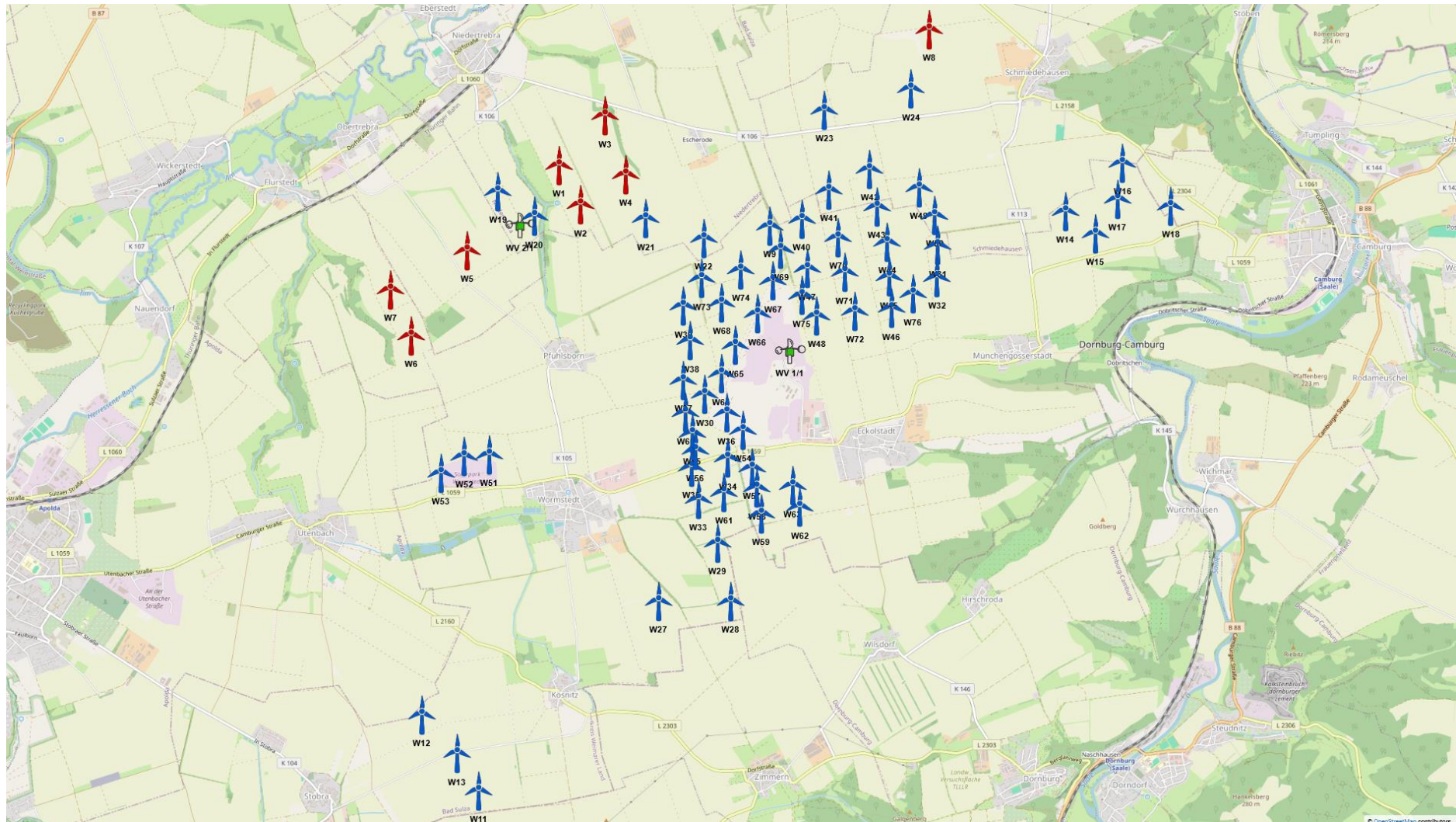
| Interne W-Nr. | Bezeichnung Auftraggeber | Neu / Bestand | Innerhalb 10 D | Topografische Komplexität |           | UTM ETRS89 Zone 32 |         | Hersteller | WEA Typ            | NH <sup>1</sup> [m] | D [m] | Betriebsmodus | FEH [m] | P <sub>N</sub> [kW] | Prüfgrundlage DIBt | TK | Auslegungslebensdauer τ <sub>TP</sub> [a] | m <sub>max, TP</sub> [-] | Zu Grunde gelegte WV |
|---------------|--------------------------|---------------|----------------|---------------------------|-----------|--------------------|---------|------------|--------------------|---------------------|-------|---------------|---------|---------------------|--------------------|----|-------------------------------------------|--------------------------|----------------------|
|               |                          |               |                | Komplex                   | Kategorie | X [m]              | Y [m]   |            |                    |                     |       |               |         |                     |                    |    |                                           |                          |                      |
| W45           | WEA 47375                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 685274             | 5658682 | Vestas     | V90-2.0 MW GS      | 105.0               | 90.0  | Mode 0        | 0.0     | 2000                | 2004               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W46           | WEA 47876                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 685308             | 5658375 | Vestas     | V90-2.0 MW GS      | 105.0               | 90.0  | Mode 0        | 0.0     | 2000                | 2004               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W47           | WEA 47369                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 684466             | 5658734 | Vestas     | V90-2.0 MW GS      | 105.0               | 90.0  | Mode 0        | 0.0     | 2000                | 2004               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W48           | WEA 47368                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 684577             | 5658280 | Vestas     | V90-2.0 MW GS      | 105.0               | 90.0  | Mode 0        | 0.0     | 2000                | 2004               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W49           | mdp Eckolstädt - 1       | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 685536             | 5659564 | Enercon    | E-82 E2 / 2.300 kW | 138.0               | 82.0  | BM 0 s        | 0.0     | 2300                | 2004               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W50           | mdp Eckolstädt - 2       | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 685701             | 5659302 | Enercon    | E-82 E2 / 2.300 kW | 138.0               | 82.0  | BM 0 s        | 0.0     | 2300                | 2004               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W51           | WW                       | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 681411             | 5656808 | Wind World | W4200/600          | 50.0                | 42.0  | Standard      | 0.0     | 600                 | 2004 <sup>2</sup>  | A  | 20                                        | 10                       | WV 2/1               |
| W52           | WRM3                     | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 681167             | 5656784 | Vestas     | V44-600 kW         | 65.0                | 44.0  | Mode 0        | 0.0     | 600                 | 2004 <sup>2</sup>  | A  | 20                                        | 10                       | WV 2/1               |
| W53           | WRM5                     | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 680943             | 5656609 | Vestas     | V44-600 kW         | 65.0                | 44.0  | Mode 0        | 0.0     | 600                 | 2004 <sup>2</sup>  | A  | 20                                        | 10                       | WV 2/1               |
| W54           | E40 40991                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683891             | 5657136 | Enercon    | E-40 / 5.40        | 65.0                | 40.3  | BM 0          | 0.0     | 500                 | 2004 <sup>2</sup>  | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W55           | E40 40989                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683397             | 5657087 | Enercon    | E-40 / 5.40        | 65.0                | 40.3  | BM 0          | 0.0     | 500                 | 2004 <sup>2</sup>  | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W56           | E40 40988                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683431             | 5656923 | Enercon    | E-40 / 5.40        | 65.0                | 40.3  | BM 0          | 0.0     | 500                 | 2004 <sup>2</sup>  | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W57           | E40 40963                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683994             | 5656772 | Enercon    | E-40 / 5.40        | 65.0                | 40.3  | BM 0          | 0.0     | 500                 | 2004 <sup>2</sup>  | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W58           | E40 40962                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 684052             | 5656572 | Enercon    | E-40 / 5.40        | 65.0                | 40.3  | BM 0          | 0.0     | 500                 | 2004 <sup>2</sup>  | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W59           | E40 40965                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 684101             | 5656321 | Enercon    | E-40 / 5.40        | 65.0                | 40.3  | BM 0          | 0.0     | 500                 | 2004 <sup>2</sup>  | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W60           | E70 70810                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683327             | 5657283 | Enercon    | E-66 / 18.70       | 85.0                | 70.0  | BM 0          | 0.0     | 1800                | 2004 <sup>2</sup>  | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W61           | E70 70809                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683728             | 5656518 | Enercon    | E-66 / 18.70       | 85.0                | 70.0  | BM 0          | 0.0     | 1800                | 2004 <sup>2</sup>  | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W62           | E40 40961                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 684479             | 5656399 | Enercon    | E-40 / 5.40        | 65.0                | 40.3  | BM 0          | 0.0     | 500                 | 2004 <sup>2</sup>  | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W63           | E40 40960                | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 684399             | 5656609 | Enercon    | E-40 / 5.40        | 65.0                | 40.3  | BM 0          | 0.0     | 500                 | 2004 <sup>2</sup>  | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W64           | 222377-1                 | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683660             | 5657679 | Vestas     | V112-3.45 MW       | 94.0                | 112.0 | 3.45-MW-LM    | 0.0     | 3450                | 2012               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W65           | 222378-2                 | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683787             | 5657960 | Vestas     | V112-3.45 MW       | 94.0                | 112.0 | 3.45-MW-LM    | 0.0     | 3450                | 2012               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W66           | 222379-3                 | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 683994             | 5658276 | Vestas     | V112-3.45 MW       | 94.0                | 112.0 | 3.45-MW-LM    | 0.0     | 3450                | 2012               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W67           | 222380-4                 | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 684138             | 5658605 | Vestas     | V112-3.45 MW       | 94.0                | 112.0 | 3.45-MW-LM    | 0.0     | 3450                | 2012               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W68           | 222381-5                 | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 683638             | 5658374 | Vestas     | V112-3.45 MW       | 94.0                | 112.0 | 3.45-MW-LM    | 0.0     | 3450                | 2012               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W69           | 222382-6                 | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 684195             | 5658916 | Vestas     | V112-3.45 MW       | 94.0                | 112.0 | 3.45-MW-LM    | 0.0     | 3450                | 2012               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W70           | 222383-7                 | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 684760             | 5659051 | Vestas     | V112-3.45 MW       | 94.0                | 112.0 | 3.45-MW-LM    | 0.0     | 3450                | 2012               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W71           | 222384-8                 | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 684836             | 5658712 | Vestas     | V112-3.45 MW       | 94.0                | 112.0 | 3.45-MW-LM    | 0.0     | 3450                | 2012               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W72           | 222385-9                 | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 684953             | 5658339 | Vestas     | V112-3.45 MW       | 94.0                | 112.0 | 3.45-MW-LM    | 0.0     | 3450                | 2012               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W73           | 222386-10                | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 683437             | 5658601 | Vestas     | V112-3.45 MW       | 94.0                | 112.0 | 3.45-MW-LM    | 0.0     | 3450                | 2012               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W74           | Rep 11                   | Bestand       | Ja             | Nein                      | -         | 683818             | 5658700 | Vestas     | V150-5.6 MW        | 125.0               | 150.0 | Modus 0       | 0.0     | 5600                | 2012               | S  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W75           | Rep 13                   | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 684424             | 5658472 | Vestas     | V117-3.45 MW       | 114.5               | 117.0 | 3.45-MW-LM    | 0.0     | 3450                | 2012               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |
| W76           | REP11                    | Bestand       | Nein           | -                         | -         | 685514             | 5658526 | Vestas     | V117-3.45 MW       | 94.0                | 117.0 | 3.45-MW-LM    | 0.0     | 3450                | 2012               | A  | 20                                        | 10                       | WV 1/1               |

Tabelle 2.2: Auslegungswindbedingungen der neu geplanten WEA

| Interne W-Nr. | Prüfgrundlage | WZ | GK | V <sub>ave, TP</sub> [m/s] | k <sub>TP</sub> [-] | V <sub>ms0, TP</sub> [m/s] | TK | δ <sub>TP</sub> [°] | α <sub>TP</sub> [-] | ρ <sub>TP</sub> [kg/m <sup>3</sup> ] | Auslegungslebensdauer τ <sub>TP</sub> [a] | Quelle        |
|---------------|---------------|----|----|----------------------------|---------------------|----------------------------|----|---------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|---------------|
| W1 – W8       | DIBt 2012     | 2  | II | 7.80                       | 2.00                | 42.50                      | A  | 8.00                | 0.20                | 1.225                                | 25                                        | [24.1] [24.2] |

<sup>2</sup> Trotz der zu Grunde liegenden Typenprüfung nach DIBt 1993 wird eine Bewertung der windgeschwindigkeitsabhängigen Turbulenzintensität nach der DIBt 2004 durchgeführt, da diese eine zuverlässigere Bewertung der effektiven Turbulenzintensitäten zulässt.



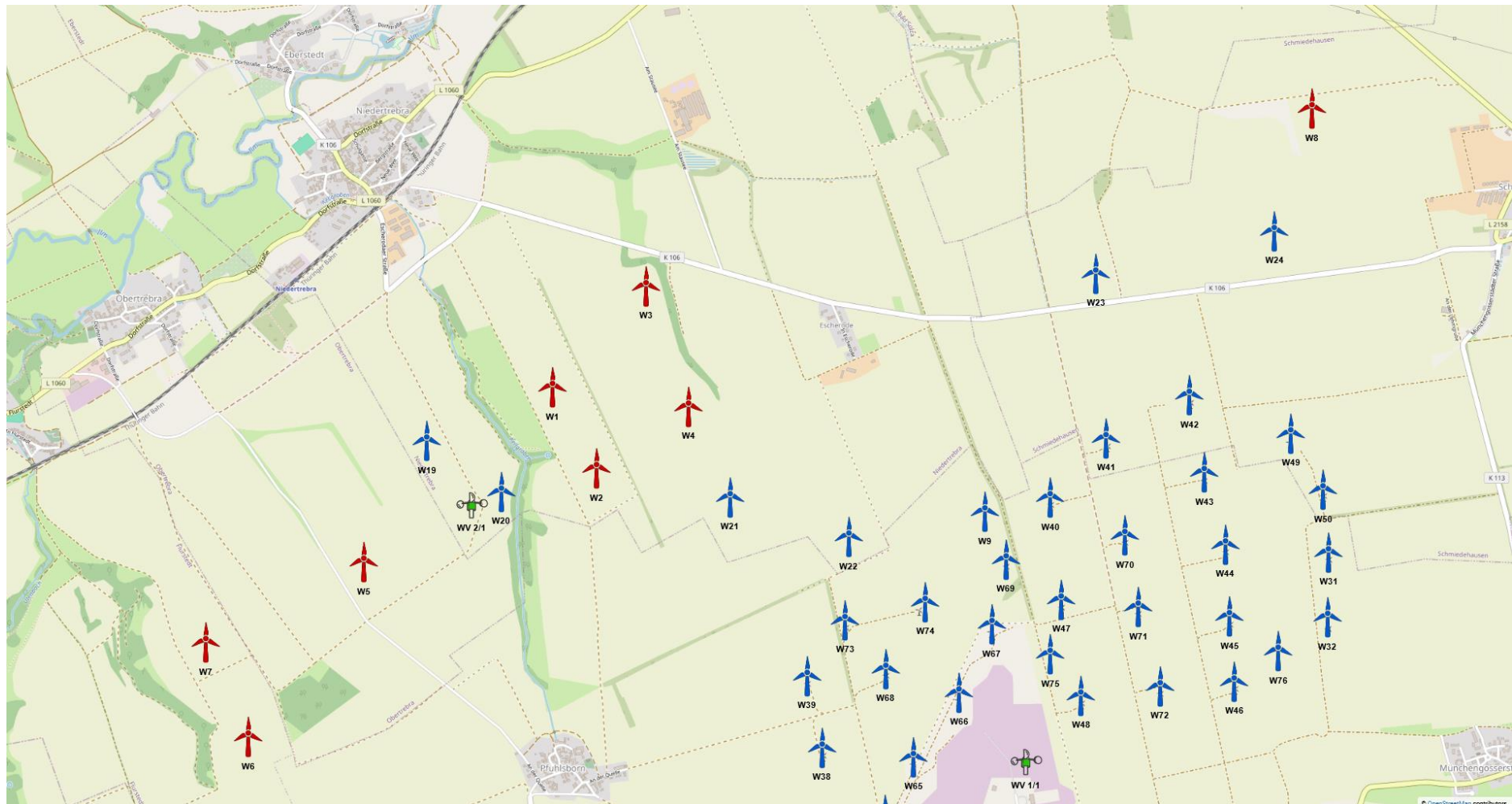


✚ Neuanlagen 
 ✚ Bestandsanlagen 
 ✚ ✚ Referenzwindverteilung

Abbildung 2.1: Zu untersuchende Windparkkonfiguration; Kartenmaterial; Übersicht: [19.1, 19.2]

Bericht-Nr.: I17-SE-2023-651 Rev.01

Gutachten zur Standorteignung von WEA nach DIBt 2012 im Windpark Niedertrebra



✈ Neuanlagen 
 ✈ Bestandsanlagen 
 ✈ ✈ Referenzwindverteilung

Abbildung 2.2: Zu untersuchende Windparkkonfiguration; Kartenmaterial; Detail: [19.1, 19.2]

Bericht-Nr.: I17-SE-2023-651 Rev.01

Gutachten zur Standorteignung von WEA nach DIBt 2012 im Windpark Niedertrebra

### 3 Vergleich der Windbedingungen

#### 3.1 Grundlagen

Vom Auftraggeber wurden standortbezogene Windverhältnisse, unterteilt in mindestens 12 Sektoren, übermittelt [22.1]. Diese werden als richtig und für den Standort repräsentativ vorausgesetzt.

Um die Windverhältnisse auf Nabenhöhe an jedem Anlagenstandort zu ermitteln, werden die Daten der Windverhältnisse [22.1] auf alle notwendigen Höhen umgerechnet, sofern diese nicht vorliegen. Die Umrechnung erfolgt auf Basis eines logarithmischen Windprofils und des am Standort der Windverteilung ermittelten Höhenexponenten  $\alpha$ . Bei der vertikalen Umrechnung wird der Formparameter  $k$  als invariant mit der Höhe angenommen und lediglich der Skalenparameter  $A$  umgerechnet. Eine horizontale Umrechnung vom Standort der Winddaten zu den jeweiligen WEA Standorten erfolgt nicht. Liegen in [22.1] mehrere Windverteilungen vor, werden diese den jeweiligen WEA zugeordnet. Tabelle 3.1 führt eine der in [22.1] übermittelten Windbedingungen am Standort auf. Wenn mehrere Windverteilungen zu Grunde gelegt wurden, werden diese im Anhang ausgewiesen.

Tabelle 3.1: Windverhältnisse am Standort WV 1/1 [22.1]

| UTM ETRS89 Zone 32        |         |                     | A<br>[m/s]  | k<br>[-]    | p<br>[%]      | v <sub>ave</sub><br>[m/s] |
|---------------------------|---------|---------------------|-------------|-------------|---------------|---------------------------|
| X [m]                     | Y [m]   | h <sub>wv</sub> [m] |             |             |               |                           |
| 684324                    | 5657985 | 166.6               |             |             |               |                           |
| Sektor   Windrichtung [°] |         |                     |             |             |               |                           |
| N   0                     |         |                     | 5.60        | 2.17        | 4.73          | ---                       |
| NNO   30                  |         |                     | 5.59        | 2.37        | 5.58          | ---                       |
| ONO   60                  |         |                     | 5.98        | 2.44        | 7.39          | ---                       |
| O   90                    |         |                     | 6.40        | 2.29        | 7.02          | ---                       |
| OSO   120                 |         |                     | 5.48        | 2.23        | 3.91          | ---                       |
| SSO   150                 |         |                     | 5.47        | 2.27        | 3.42          | ---                       |
| S   180                   |         |                     | 7.59        | 2.11        | 5.73          | ---                       |
| SSW   210                 |         |                     | 9.42        | 2.39        | 11.04         | ---                       |
| WSW   240                 |         |                     | 9.87        | 2.54        | 17.58         | ---                       |
| W   270                   |         |                     | 9.28        | 2.53        | 18.15         | ---                       |
| WNW   300                 |         |                     | 7.24        | 2.39        | 10.78         | ---                       |
| NNW   330                 |         |                     | 5.24        | 2.30        | 4.67          | ---                       |
| Gesamt                    |         |                     | <b>7.81</b> | <b>2.10</b> | <b>100.00</b> | <b>6.92</b>               |



### 3.2 Vergleich $v_{ave}$ und $v_{m50}$

#### 3.2.1 Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit $v_{ave}$

Liegt der Typenprüfung einer entsprechend Abschnitt 1.2.1 zu untersuchenden WEA ein Formparameter  $k$  mit  $k = 2.0$  zu Grunde, ist der Vergleich der Windverhältnisse in Bezug auf die mittlere Windgeschwindigkeit  $v_{ave}$  auf Nabenhöhe jeder geplanten WEA so zu führen, dass gilt:

- i.  $v_{ave, NH} / v_{ave, TP} \leq 0.95$   
oder
- ii.  $v_{ave, NH} / v_{ave, TP} \leq 1.00$  und  $k_{NH} \geq 2.00$

Liegt der Typenprüfung einer entsprechend Abschnitt 1.2.1 zu untersuchenden WEA ein Formparameter  $k$  mit  $k \neq 2.0$  zu Grunde, ist der Vergleich der Windverhältnisse in Bezug auf die mittlere Windgeschwindigkeit  $v_{ave}$  jeder geplanten WEA wie folgt zu führen:

- i. Vergleich der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der standortspezifischen Windgeschwindigkeiten  $pdf_{NH}$  mit der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Typenprüfung  $pdf_{TP}$  in einem Bereich von  $v_{ave} - 2v_{ave}$  nach [6] bzw.  $0.2v_{ref} - 0.4v_{ref}$  nach [7]. In dem zu untersuchenden Bereich muss die Bedingung  $pdf_{NH} \leq pdf_{TP}$  erfüllt sein.

Das Ergebnis der Berechnung der mittleren Windgeschwindigkeit  $v_{ave}$  und der Formparameter  $k$  der Weibullverteilung auf Nabenhöhe jeder neu geplanten WEA sind in Tabelle 3.2 dargestellt und werden mit den Auslegungswindbedingungen der jeweiligen WEA verglichen.

Tabelle 3.2: Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit  $v_{ave}$  auf Nabenhöhe der geplanten WEA

| Interne W-Nr. | $v_{ave, NH}$ [m/s] | $v_{ave, TP}$ [m/s] | $k_{NH}$ [-] | $k_{TP}$ [-] | Wenn $k_{TP} = 2$ :<br>$v_{ave, NH} / v_{ave, TP}$ [-] | Wenn $k_{TP} \neq 2$ :<br>$pdf_{NH} \leq pdf_{TP}$ | Nachweis möglich<br>(gemäß 1.2.1) | Lastvergleich erforderlich<br>(gemäß 1.2.3) |
|---------------|---------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|
| W1 - W8       | 6.53                | 7.80                | 2.06         | 2.00         | 0.84                                                   | -                                                  | Ja                                | Nein                                        |

#### 3.2.2 Vergleich der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit $v_{m50}$

Der Vergleich der 50-Jahreswindgeschwindigkeit  $v_{m50, NH}$  auf Nabenhöhe der geplanten WEA mit dem Auslegungswert kann auf zwei Wegen erfolgen. Wenn die WEA in einer Windzone errichtet werden soll, die niedriger oder gleich der Windzone ist, die der Typenprüfung zu Grunde liegt, reicht der Nachweis, dass die Windzone gemäß Typenprüfung die Windzone des betrachteten Standortes abdeckt [1.1]. Ist dies nicht der Fall, muss nachgewiesen werden, dass die 50-Jahreswindgeschwindigkeit  $v_{m50, TP}$  gemäß Typenprüfung die 50-Jahreswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe der geplanten WEA am Standort abdeckt [1.1, 4, 5]. Hierzu muss die 50-Jahreswindgeschwindigkeit  $v_{m50, NH}$  mittels einer geeigneten Methode (z.B. der Gumbel-Methode [10]) am Standort ermittelt werden.

Den nachzuweisenden Standorten wird nach DIBt 2012 [1.1], bzw. nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 mit DIN EN 1991-1-4:2010-12 [9] die in Tabelle 3.3 aufgeführte Windzone entsprechend [11] und die Geländekategorie, basierend auf den durch den Standortbesuch gewonnenen Erkenntnissen und den verwendeten Satellitendaten [13.1], zu Grunde gelegt. Da, nach [1.1], in Übergangsbereichen der Geländekategorien stets die Gleichungen der niedrigeren Kategorie anzusetzen sind, wird der Vergleich in solchen Fällen auf Basis der Gleichungen für die niedrigere Geländekategorie durchgeführt.

In der folgenden Tabelle 3.3 werden die Auslegungswindbedingungen hinsichtlich  $v_{m50}$  mit den standortspezifischen Windbedingungen verglichen. Wenn die geplanten WEA in einer Windzone errichtet werden sollen, die durch die Auslegungswindbedingungen abgedeckt ist, ist die Standorteignung hinsichtlich  $v_{m50}$  nachgewiesen. Ist der Standort nicht durch die Auslegungswindbedingungen  $v_{m50, TP}$  der geplanten WEA abgedeckt, erfolgt der Nachweis über eine standortspezifische Extremwindabschätzung [22.2]. Die Ergebnisse der standortspezifischen Extremwindabschätzung werden als richtig und repräsentativ für den Standort vorausgesetzt. Kann

der Nachweis durch keine der beiden Verfahrensweisen erbracht werden, kann der Nachweis ggf. durch einen Lastvergleich der Extremlasten nach Abschnitt 1.2.3 erbracht werden.

Tabelle 3.3: Vergleich der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit  $v_{m50}$  auf Nabenhöhe der geplanten WEA

| Interne W-Nr. | WZ <sub>TP</sub> | GK <sub>TP</sub> | $v_{m50, TP}$ [m/s] | WZ <sub>NH</sub> | GK <sub>NH</sub> | $v_{m50, NH}$ [1.1] [m/s] | $v_{m50, NH}$ [22.2] [m/s] | Nachweis möglich (gemäß 1.2.1) | Lastvergleich erforderlich (gemäß 1.2.3) |
|---------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|
| W1 – W8       | 2                | II               | 42.50               | 2                | II               | 39.04                     | -                          | Ja                             | Nein                                     |

### 3.3 Vergleich der effektiven Turbulenzintensität $I_{eff}$

#### 3.3.1 Auslegungswindbedingungen hinsichtlich der Turbulenzintensität

Für die Turbulenzintensität auf Nabenhöhe einer nach der DIBt 2012 [1.1] typengeprüften WEA gibt es windgeschwindigkeitsabhängige Auslegungswerte in fünf Kategorien, welche in der DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] aufgeführt sind und der Typenprüfung zu Grunde gelegt werden müssen. Bei den Turbulenzkategorien wird zwischen den vorgegebenen Kategorien A+, A, B, C und der durch den WEA-Hersteller definierbaren Kategorie S unterschieden.

Für WEA die nach der DIBt 2004 [2] typengeprüft sind, muss die windgeschwindigkeitsabhängige Turbulenzkategorie A, welche in der DIN EN 61400-1:2004 [8] definiert ist, als Auslegungswindbedingung hinsichtlich der Turbulenzintensität zu Grunde gelegt sein. Für WEA die nach der DIBt 1993 [3] typengeprüft sind, ist eine konstante, mittlere effektive Turbulenzintensität  $I_{eff}$  von 0.20 als Auslegungswindbedingung anzusetzen.

In Tabelle 3.4 sind die unterschiedlichen Turbulenzkategorien und deren Verläufe dargestellt.

Tabelle 3.4: Richtlinienabhängige Auslegungswindbedingungen hinsichtlich der Turbulenzintensität

| V <sub>hub</sub><br>[m/s] | DIBt 1993 [3]            | DIBt 2004 [2]    | DIBt 2012 [1.1]<br>DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] |                           |                           |                           | S<br>[-]                                     |
|---------------------------|--------------------------|------------------|------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------------------|
|                           | Konstanter<br>Mittelwert | NTM A [8]<br>[-] | NTM A+ [6]<br>[-]                              | NTM A<br>[5, 6, 7]<br>[-] | NTM B<br>[5, 6, 7]<br>[-] | NTM C<br>[5, 6, 7]<br>[-] |                                              |
| 2                         | -                        | 0.570            | 0.639                                          | 0.568                     | 0.497                     | 0.426                     | durch den<br>WEA-<br>Hersteller<br>definiert |
| 3                         |                          | 0.420            | 0.471                                          | 0.419                     | 0.366                     | 0.314                     |                                              |
| 4                         |                          | 0.345            | 0.387                                          | 0.344                     | 0.301                     | 0.258                     |                                              |
| 5                         |                          | 0.300            | 0.337                                          | 0.299                     | 0.262                     | 0.224                     |                                              |
| 6                         |                          | 0.270            | 0.303                                          | 0.269                     | 0.236                     | 0.202                     |                                              |
| 7                         |                          | 0.249            | 0.279                                          | 0.248                     | 0.217                     | 0.186                     |                                              |
| 8                         |                          | 0.233            | 0.261                                          | 0.232                     | 0.203                     | 0.174                     |                                              |
| 9                         |                          | 0.220            | 0.247                                          | 0.220                     | 0.192                     | 0.165                     |                                              |
| 10                        |                          | 0.210            | 0.236                                          | 0.210                     | 0.183                     | 0.157                     |                                              |
| 11                        |                          | 0.202            | 0.227                                          | 0.201                     | 0.176                     | 0.151                     |                                              |
| 12                        |                          | 0.195            | 0.219                                          | 0.195                     | 0.170                     | 0.146                     |                                              |
| 13                        |                          | 0.189            | 0.213                                          | 0.189                     | 0.165                     | 0.142                     |                                              |
| 14                        |                          | 0.184            | 0.207                                          | 0.184                     | 0.161                     | 0.138                     |                                              |
| 15                        |                          | 0.180            | 0.202                                          | 0.180                     | 0.157                     | 0.135                     |                                              |
| 16                        |                          | 0.176            | 0.198                                          | 0.176                     | 0.154                     | 0.132                     |                                              |
| 17                        |                          | 0.173            | 0.194                                          | 0.173                     | 0.151                     | 0.130                     |                                              |
| 18                        |                          | 0.170            | 0.191                                          | 0.170                     | 0.149                     | 0.127                     |                                              |
| 19                        |                          | 0.167            | 0.188                                          | 0.167                     | 0.146                     | 0.125                     |                                              |
| 20                        |                          | 0.165            | 0.185                                          | 0.165                     | 0.144                     | 0.124                     |                                              |
| 21                        |                          | 0.163            | 0.183                                          | 0.163                     | 0.142                     | 0.122                     |                                              |
| 22                        |                          | 0.161            | 0.181                                          | 0.161                     | 0.141                     | 0.121                     |                                              |
| 23                        |                          | 0.159            | 0.179                                          | 0.159                     | 0.139                     | 0.119                     |                                              |
| 24                        |                          | 0.158            | 0.177                                          | 0.157                     | 0.138                     | 0.118                     |                                              |
| 25                        |                          | 0.156            | 0.175                                          | 0.156                     | 0.136                     | 0.117                     |                                              |
| 26                        |                          | 0.155            | 0.174                                          | 0.154                     | 0.135                     | 0.116                     |                                              |
| 27                        |                          | 0.153            | 0.172                                          | 0.153                     | 0.134                     | 0.115                     |                                              |
| 28                        |                          | 0.152            | 0.171                                          | 0.152                     | 0.133                     | 0.114                     |                                              |
| 29                        |                          | 0.151            | 0.170                                          | 0.151                     | 0.132                     | 0.113                     |                                              |
| 30                        |                          | 0.150            | 0.169                                          | 0.150                     | 0.131                     | 0.112                     |                                              |
| Konstanter Mittelwert     |                          | 0.200            | -                                              | -                         | -                         | -                         |                                              |

Der Vergleich des standortspezifischen Turbulenzverlaufes mit den windgeschwindigkeitsabhängigen Auslegungswerten erfolgt bei WEA die nach der DIBt 2004 [2] typengeprüft sind, auf Basis der Werte für die Turbulenzkategorie A nach [1.1, 5, 6, 7], da diese die Werte nach [8] mit abdecken.

### 3.3.2 Ermittlung der Umgebungsturbulenzintensität

#### 3.3.2.1 Datengrundlage

Im Wesentlichen hängt die Umgebungsturbulenz  $I_{amb}$  von den Windverhältnissen, der Orographie und der Geländerauigkeit ab. Die Windverhältnisse aus [22.1] enthalten keinerlei Informationen zur Umgebungsturbulenzintensität vor Ort, somit wurde diese auf Basis der vorliegenden Informationen zur Bodenbedeckung [13.1] und der Topografie [13.2] am Standort auf Nabenhöhe ermittelt.

#### 3.3.2.2 Vorgehensweise

Die Umgebungsturbulenzintensität  $I_{amb}$  beschreibt im Allgemeinen die Schwankung der Windgeschwindigkeit in einem Zeitintervall von 600 s um ihren Mittelwert. Sie ist als der Quotient aus der Standardabweichung  $\sigma$  der Windgeschwindigkeit und der zugehörigen mittleren Windgeschwindigkeit  $v_{ave}$  in einem 600 s Intervall zu bilden [6, 7, 8]. Liegen Daten einer Windmessung am Standort vor, kann  $I_{amb}$  direkt, bzw.  $I_{char}$  durch Addition der 1fachen Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität  $\sigma_\sigma$  [4, 8] und  $I_{rep}$  durch Addition der 1.28fachen Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität  $\sigma_\sigma$  [6, 7] zu  $I_{amb}$  ermittelt werden. Durch Ermittlung der Windscherung, kann die auf Messhöhe ermittelte charakteristische, bzw. repräsentative Turbulenzintensität auf Nabenhöhe extrapoliert werden. Liegt keine Messung vor, muss die Umgebungsturbulenzintensität rechnerisch ermittelt werden.

Zur Berechnung von  $I_{amb}$  werden an jedem zu untersuchenden WEA Standort die flächenmäßigen Informationen zur Bodenbedeckung aus dem CORINE Datensatz [13.1] mit 20 km Radius um den Standort zu Grunde gelegt. Die in [13.1] enthaltenen Flächen verschiedener Bodenbedeckung werden nach den Empfehlungen des Europäischen Wind Atlas [12] in Flächen mit einer Rauigkeitslänge  $z_0$  konvertiert. Alle innerhalb eines Sektors liegenden Rauigkeitselemente werden abschließend nach Abstand und Größe gewichtet und in einen, für diesen Sektor, repräsentativen Rauigkeitswert umgerechnet. Aus den sektoriell vorliegenden Rauigkeitslängen wird mittels eines von der Rauigkeitslänge  $z_0$  abhängigen Profils die Umgebungsturbulenzintensität auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA berechnet.

Da in der Richtlinie des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt 2012 [1.1] für die Ermittlung der Standorteignung bezüglich der effektiven Turbulenzintensitäten Turbulenzwerte für verschiedene Windgeschwindigkeiten gefordert sind, wird den ermittelten Werten für die Umgebungsturbulenzintensität das NTM nach [6, 7] zu Grunde gelegt. Der ermittelten Turbulenzkurve wird in Anlehnung an das vom Risø DTU National Laboratory entwickelte Verfahren im Windfarm Assessment Tool eine windgeschwindigkeitsabhängige Standardabweichung  $\sigma_\sigma$  unterstellt, die ebenfalls dem NTM Verlauf folgt [15]. Die Werte für die Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität  $\sigma_\sigma$  sind so gewählt, dass die Summe aus der Referenzsturbulenzintensität nach NTM und dem 1fachen  $\sigma_\sigma$  die Referenzkurve nach [6, 7] ergibt.

Die repräsentative Turbulenzintensität  $I_{rep}$  wird nach dem beschriebenen Verfahren für jede zu betrachtende, nach DIBt 2012 [1.1] typen-/einzelgeprüfte, WEA auf Nabenhöhe ermittelt und den weiteren Berechnungen zu Grunde gelegt. Für Anlagen, deren Typen-/Einzelprüfung auf der Richtlinie DIBt 2004 [2] oder DIBt 1993 [3] basiert, findet die charakteristische Turbulenzintensität  $I_{char}$  Anwendung.

### 3.3.2.3 Untersuchung der topografischen Komplexität der Anlagenstandorte

Das verwendete Höhenmodell aus dem SRTM Datensatz [13.2] liegt in einer Auflösung von ca. 30 m vor und wird für die Ermittlung der topografischen Komplexität der Standorte herangezogen.

Die Standorte aller zu betrachtenden Anlagen werden basierend auf den Vorgaben der geltenden Norm DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] auf topografische Komplexität untersucht und bewertet, da die topografische Komplexität eine Verzerrung und damit eine Abweichung der Turbulenzstruktur von den Auslegungswindbedingungen verursachen kann.

Die Komplexität eines Standortes wird durch die Neigung des Geländes und die Abweichungen der Topografie des Geländes von einer angenäherten Ebene dargestellt. Dazu werden mindestens 37 Ausgleichsebenen entsprechend der Kriterien aus [6] mittels der Methode der kleinsten Fehlerquadrate gebildet. Die DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] lässt die Möglichkeit offen, die angenäherte Ebene für die Kreissektoren mit dem Radius  $5 z_{hub}$  leewärts zur Position der zu untersuchenden WEA um  $2 z_{hub}$  zu erweitern. Diese Erweiterung wird bei der Komplexitätsbewertung im vorliegenden Gutachten angewendet. In Abhängigkeit der Neigung der angenäherten Ebenen, der Abweichung des digitalen Geländemodells [13.2] von dieser und des Anteils der Windenergie aus dem betrachteten Sektor, lassen sich die Indizes  $TSI$  für die Geländeneigung und  $TVI$  für die Geländeabweichung berechnen. Überschreitet einer der berechneten Indizes die in Tabelle 3.5 aufgeführten Schwellenwerte, ist der untersuchte Standort als topografisch komplex zu bewerten, wobei der jeweils überschrittene Schwellenwert die Geländekomplexitätskategorie L, M oder H bestimmt.

Nach [6] hat an topografisch komplexen Standorten eine Erhöhung der longitudinalen Komponente der Umgebungsturbulenzintensität durch Multiplikation mit einem Turbulenzstrukturparameter  $C_{CT}$  gemäß Tabelle 3.5 zu erfolgen.

Tabelle 3.5: Komplexitätskriterien und  $C_{CT}$  nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6]

| Radius der Kreisfläche um die WEA [m] | Sektoramplitude der angenäherten Ausgleichsebene [°] | Schwellenwerte (untere Grenze)     |    |    |                                       |   |   |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------|----|----|---------------------------------------|---|---|
|                                       |                                                      | Index der Geländeneigung $TSI$ [°] |    |    | Index der Geländeabweichung $TVI$ [%] |   |   |
|                                       |                                                      | L                                  | M  | H  | L                                     | M | H |
| $5 z_{hub}$                           | 360                                                  | 10                                 | 15 | 20 | 2                                     | 4 | 6 |
| $5 z_{hub}$                           | 30                                                   |                                    |    |    |                                       |   |   |
| $10 z_{hub}$                          |                                                      |                                    |    |    |                                       |   |   |
| $20 z_{hub}$                          |                                                      |                                    |    |    |                                       |   |   |
|                                       |                                                      | <b>Kategorie</b>                   |    |    |                                       |   |   |
|                                       | <b>L</b>                                             | <b>M</b>                           |    |    | <b>H</b>                              |   |   |
| $C_{CT}$                              | 1.05                                                 | 1.10                               |    |    | 1.15                                  |   |   |

Die Ergebnisse der Bewertung der topografischen Komplexität der zu untersuchenden WEA können Tabelle 2.1 entnommen werden.



### 3.3.2.4 Repräsentative Turbulenzintensität

In Tabelle 3.6 werden die sektoriell nach dem in Abschnitt 3.3.2.2 beschriebenen Verfahren ermittelten, repräsentativen Turbulenzintensitäten, bezogen auf eine Windgeschwindigkeit von 15 m/s, für eine Anlagenposition aufgeführt.

Tabelle 3.6: Repräsentative Turbulenzintensität für einen Standort

| Standort: W2 | NH: 162.0 m      | $I_{rep}$<br>[-] |
|--------------|------------------|------------------|
| Sektor       | Windrichtung [°] |                  |
| N            | 0                | 0.117            |
| NNO          | 30               | 0.118            |
| ONO          | 60               | 0.117            |
| O            | 90               | 0.111            |
| OSO          | 120              | 0.122            |
| SSO          | 150              | 0.127            |
| S            | 180              | 0.130            |
| SSW          | 210              | 0.117            |
| WSW          | 240              | 0.116            |
| W            | 270              | 0.107            |
| WNW          | 300              | 0.106            |
| NNW          | 330              | 0.122            |

### 3.3.3 Ermittlung der effektiven Turbulenzintensität $I_{eff}$

#### 3.3.3.1 Grundlagen

Die effektive Turbulenzintensität  $I_{eff}$  ist definiert als die mittlere Turbulenzintensität, die über die Lebensdauer einer WEA dieselbe Materialermüdung verursacht, wie die am Standort herrschenden, verschiedenen Turbulenzen. Die Materialkennzahl, die maßgeblich in die Berechnung der effektiven Turbulenzintensität einfließt, ist der Wöhlerlinienkoeffizient  $m$ . Im vorliegenden Gutachten liegt jeder zu betrachtenden WEA der anlagenspezifische Wöhlerlinienkoeffizient zu Grunde, der die strukturschwächste Komponente repräsentiert. Hierbei handelt es sich im Regelfall um die Rotorblätter einer WEA, welche durch Wöhlerlinienkoeffizienten zwischen  $m = 10$  für glasfaserverstärkte Verbundwerkstoffe und  $m = 15$  für kohlefaserverstärkte Verbundwerkstoffe abgedeckt werden. Dadurch werden alle Komponenten einer WEA in die Betrachtung mit einbezogen.

Grundsätzlich setzt sich die effektive Turbulenzintensität  $I_{eff}$  an einer WEA aus der Umgebungsturbulenzintensität und der durch den Nachlauf anderer WEA induzierten Turbulenzintensität, dem sogenannten „Wake-Effekt“, zusammen. Hierbei sind je nach zu Grunde gelegter Richtlinie unterschiedliche Berücksichtigungen der Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität  $\sigma_\sigma$  zu berücksichtigen.

Die Berechnung der induzierten Turbulenzintensität erfolgt nach den Ausarbeitungen in [10], Kapitel 2.4.4, wenn alle hierfür erforderlichen Anlagenparameter vorliegen oder konservativ abdeckend ermittelt werden konnten. Andernfalls erfolgt die Berechnung der induzierten Turbulenzintensität nach den Ausarbeitungen in [16], sowie den informativen Anhängen in [6] und [7]. Die generelle Vorgehensweise zur Ermittlung der effektiven Turbulenzintensität  $I_{eff}$  erfolgt in beiden Fällen entsprechend den Anforderungen aus [6] und [7].

Die induzierte Turbulenzintensität wird in [10] als eine Funktion beschrieben, die von den Abständen der WEA untereinander, der Umgebungsturbulenzintensität und von anlagenspezifischen Kenngrößen abhängig ist. Diese Kenngrößen sind einerseits der windgeschwindigkeitsabhängige Schubbeiwert  $c_t$ , als auch die windgeschwindigkeitsabhängige Schnelllaufzahl  $\lambda$  der turbulenzinduzierenden WEA. Das Modell bildet sowohl den voll ausgebildeten Nachlauf als auch den nicht voll ausgebildeten Nachlauf

hinter einer WEA ab. Die anlagenspezifischen Werte  $c_t$  und  $\lambda$  sind vom Anlagenhersteller übermittelt. Wenn für eine zu betrachtende WEA diese Werte nicht vorliegen, werden Sie, wenn möglich, auf Basis der Anlagenparameter wie Drehzahl und Rotordurchmesser ermittelt, oder durch eine konservativ abdeckende Standardkurve ersetzt. Der Ermittlung von  $I_{eff}$  werden die am Standort herrschenden geometrischen Verhältnisse, sowie die am Standort herrschenden Windbedingungen zu Grunde gelegt. Da in [10] keine Aussage zum berücksichtigenden Einflussbereich der WEA untereinander getroffen wird, werden sowohl die Bereiche im Volleinfluss (Rotor der WEA steht voll im Nachlauf einer anderen WEA), als auch die Bereiche im Teileinfluss (Rotor der WEA steht nur teilweise im Nachlauf einer anderen WEA) bei der Berechnung von  $I_{eff}$  berücksichtigt, was somit den konservativsten Ansatz darstellt.

Die induzierte Turbulenzintensität wird in [16] als eine Funktion beschrieben, die von den Abständen  $s$  der WEA untereinander und vom windgeschwindigkeitsabhängigen Schubbeiwert  $c_t$  abhängig ist. Die anlagenspezifischen  $c_t$  Werte sind vom Anlagenhersteller übermittelt. Wenn für eine zu betrachtende WEA diese Werte nicht vorliegen, werden Sie durch eine konservativ abdeckende Standardkurve ersetzt. Der Ermittlung von  $I_{eff}$  werden die am Standort herrschenden geometrischen Verhältnisse, sowie die am Standort herrschenden Windbedingungen zu Grunde gelegt. Da in [16] eine eindeutige Aussage zum berücksichtigenden Einflussbereich der WEA untereinander getroffen wird, wird genau dieser Bereich bei der Berechnung von  $I_{eff}$  berücksichtigt.

Die Ermittlung der induzierten Turbulenzintensität muss durchgeführt werden, solange sich eine WEA in einem Abstand  $s$  kleiner  $10 D$  von der zu betrachtenden Anlage befindet [6, 7, 8]. Ist der Abstand  $s$  aller WEA im Umfeld grösser  $10 D$ , bezogen auf die jeweils turbulenzinduzierende WEA, muss deren Einfluss nicht mehr berücksichtigt werden.

In keiner der zu Grunde gelegten Richtlinien und Normen [1.1 - 8] werden hinsichtlich des Abstandes  $s$  von WEA Grenzen definiert, bis zu welchen die Ergebnisse der effektiven Turbulenzintensitäten  $I_{eff}$  anwendbar oder belastbar sind. Dasselbe gilt für die in [10] und [16] beschriebenen Turbulenzmodelle. Verschiedene Untersuchungen und Ausarbeitungen haben gezeigt, dass die Turbulenzmodelle auch bei geringen relativen Abständen  $s$  im Bereich  $3 D \geq s \geq 2 D$  konservative Ergebnisse liefern und belastbar sind. Diese Ergebnisse können sowohl für einen Vergleich der Windbedingungen entsprechend Abschnitt 1.2.1 als auch für einen Nachweis gemäß 1.2.3 herangezogen werden. Die Ergebnisse der ermittelten, effektiven Turbulenzintensitäten bei Anlagenabständen  $s$  von unter  $2.0 D$  sollten nicht mehr für eine standortspezifische Lastrechnung (siehe Abschnitt 1.2.3) herangezogen werden. In diesen Nachlaufsituationen ist eine Abschaltung erforderlich. Eine Ausnahme bilden Abstände  $s$  von unter  $2.0 D$  in Verbindung mit einem großen Nabhöhenunterschied der betrachteten WEA. In solch einer Situation kann es durch die geometrischen Verhältnisse dazu kommen, dass der Nachlauf der turbulenzinduzierenden WEA über bzw. unter der Rotorkreisfläche der beeinflussten WEA strömt. In diesem Fall sind keine Betriebsbeschränkungen bzw. Abschaltungen erforderlich.

Die ermittelten Werte für  $I_{eff}$  werden den Auslegungswerten, die der Typen-/Einzelprüfung der betrachteten Anlage zu Grunde liegen, gegenübergestellt. Liegen die ermittelten Werte nicht oberhalb der Auslegungswerte, gilt eine Standorteignung hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensität als nachgewiesen. Liegen die Werte über den Auslegungswerten, kann eine Standorteignung hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensität nicht durch den Vergleich mit den Auslegungswerten nachgewiesen werden. Der Nachweis der Standorteignung kann in diesem Fall jedoch durch eine standortspezifische Lastrechnung seitens des Anlagenherstellers oder eines unabhängigen Dritten erfolgen.

### 3.3.3.2 Berücksichtigte sektorische Betriebsbeschränkungen (WSM)

Bei der Berechnung der effektiven Turbulenzintensität  $I_{eff}$  können sektorische Betriebsbeschränkungen (WSM) an WEA berücksichtigt werden. Die Betriebsbeschränkungen können sich aus beispielsweise zu geringen Abständen  $s$  ergeben, oder Bestandteil der Genehmigung bereits bestehender WEA sein. Des Weiteren kann ein WSM dafür genutzt werden, den Einfluss einer neu geplanten WEA auf den zu berücksichtigenden Bestand derart zu reduzieren, dass die geplante WEA keinen signifikanten Einfluss mehr auf die effektive Turbulenzintensität  $I_{eff}$  einer Bestandsanlage hat oder um Überschreitungen der effektiven Turbulenzintensität  $I_{eff}$  an dieser zu verhindern. Die im Folgenden aufgeführten Betriebsbeschränkungen stellen immer eine Mindestanforderung dar, deren technische Umsetzbarkeit nicht geprüft wurde. Wenn möglich, wird für jedes WSM an einer beeinflussenden WEA ein alternatives WSM an der beeinflussten WEA ausgewiesen. Hierbei handelt es sich in der Regel um eine Abschaltung an der beeinflussten WEA, da die Lasten an einer abgeschalteten WEA geringer sind als die Lasten im frei angeströmten Betrieb.

Bei der Berechnung der effektiven Turbulenzintensität  $I_{eff}$  wurden keine sektorischen Betriebsbeschränkungen berücksichtigt.

### 3.3.3.3 Ergebnis

Die folgende Tabelle 3.7 stellt die ermittelten effektiven Turbulenzintensitäten vor Zubau der geplanten WEA in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit dar. Aufgeführt werden nur Bestands-WEA, für die ein Vergleich der Situation vor mit der Situation nach dem geplanten Zubau durchgeführt wird. Tabelle 3.8 und Tabelle 3.9 stellen die ermittelten effektiven Turbulenzintensitäten nach Zubau der geplanten WEA in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit dar. Die nach der jeweils zu Grunde gelegten Richtlinie ermittelten effektiven Turbulenzintensitäten werden der Referenzkurve nach DIBt 2012 [1.1] oder der Referenzkurve der jeweiligen Typenprüfung gegenübergestellt. Überschreitungen sind **fett kursiv** dargestellt.

Tabelle 3.7: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten  $I_{\text{eff}}$  (vor Zubau)

| $V_{\text{hub}}$ | W9[B]        | W69[A]       | Referenz Klasse A | Referenz Klasse B |
|------------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|
| 3                | <b>0.379</b> | <b>0.495</b> | 0.419             | 0.366             |
| 4                | <b>0.336</b> | <b>0.425</b> | 0.344             | 0.301             |
| 5                | <b>0.303</b> | <b>0.361</b> | 0.299             | 0.262             |
| 6                | <b>0.278</b> | <b>0.323</b> | 0.269             | 0.236             |
| 7                | <b>0.254</b> | <b>0.289</b> | 0.248             | 0.217             |
| 8                | <b>0.238</b> | <b>0.258</b> | 0.232             | 0.203             |
| 9                | <b>0.229</b> | <b>0.246</b> | 0.220             | 0.192             |
| 10               | <b>0.219</b> | <b>0.230</b> | 0.210             | 0.183             |
| 11               | <b>0.196</b> | <b>0.208</b> | 0.201             | 0.176             |
| 12               | <b>0.173</b> | 0.186        | 0.195             | 0.170             |
| 13               | 0.155        | 0.168        | 0.189             | 0.165             |
| 14               | 0.142        | 0.155        | 0.184             | 0.161             |
| 15               | 0.133        | 0.146        | 0.180             | 0.157             |
| 16               | 0.127        | 0.139        | 0.176             | 0.154             |
| 17               | 0.122        | 0.133        | 0.173             | 0.151             |
| 18               | 0.118        | 0.129        | 0.170             | 0.149             |
| 19               | 0.114        | 0.125        | 0.167             | 0.146             |
| 20               | 0.112        | 0.122        | 0.165             | 0.144             |
| 21               | 0.109        | 0.119        | 0.163             | 0.142             |
| 22               | 0.107        | 0.117        | 0.161             | 0.141             |
| 23               | 0.106        | 0.115        | 0.159             | 0.139             |
| 24               | 0.104        | 0.113        | 0.157             | 0.138             |
| 25               | 0.103        | 0.112        | 0.156             | 0.136             |

Tabelle 3.8: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten  $I_{eff}$  (nach Zubau) Teil 1

| $v_{hub}$ | W1[A] | W2[A] | W3[A] | W4[A] | W5[A] | W6[A] | W7[A] | W8[A] | W9[B]        | W19[B]       | W20[A] | W21[B] | W22[B] | W23[A] | Referenz Klasse A | Referenz Klasse B |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------|--------|--------|--------|-------------------|-------------------|
| 3         | 0.355 | 0.358 | 0.313 | 0.349 | 0.306 | 0.319 | 0.332 | 0.309 | <b>0.379</b> | 0.346        | 0.343  | 0.325  | 0.325  | 0.285  | 0.419             | 0.366             |
| 4         | 0.328 | 0.333 | 0.280 | 0.304 | 0.264 | 0.290 | 0.304 | 0.260 | <b>0.336</b> | <b>0.319</b> | 0.306  | 0.291  | 0.280  | 0.238  | 0.344             | 0.301             |
| 5         | 0.287 | 0.288 | 0.246 | 0.266 | 0.227 | 0.254 | 0.268 | 0.225 | <b>0.303</b> | <b>0.267</b> | 0.267  | 0.253  | 0.247  | 0.207  | 0.299             | 0.262             |
| 6         | 0.261 | 0.260 | 0.224 | 0.243 | 0.205 | 0.228 | 0.243 | 0.204 | <b>0.278</b> | 0.236        | 0.242  | 0.227  | 0.225  | 0.186  | 0.269             | 0.236             |
| 7         | 0.239 | 0.236 | 0.207 | 0.225 | 0.188 | 0.207 | 0.223 | 0.188 | <b>0.254</b> | 0.210        | 0.221  | 0.206  | 0.207  | 0.171  | 0.248             | 0.217             |
| 8         | 0.214 | 0.209 | 0.190 | 0.205 | 0.173 | 0.184 | 0.201 | 0.173 | <b>0.238</b> | 0.186        | 0.198  | 0.184  | 0.194  | 0.158  | 0.232             | 0.203             |
| 9         | 0.194 | 0.189 | 0.175 | 0.191 | 0.162 | 0.164 | 0.183 | 0.165 | <b>0.229</b> | 0.169        | 0.181  | 0.166  | 0.185  | 0.148  | 0.220             | 0.192             |
| 10        | 0.177 | 0.173 | 0.163 | 0.177 | 0.152 | 0.149 | 0.166 | 0.156 | <b>0.219</b> | 0.156        | 0.166  | 0.152  | 0.176  | 0.140  | 0.210             | 0.183             |
| 11        | 0.162 | 0.160 | 0.151 | 0.163 | 0.143 | 0.136 | 0.151 | 0.148 | <b>0.196</b> | 0.144        | 0.152  | 0.140  | 0.161  | 0.133  | 0.201             | 0.176             |
| 12        | 0.149 | 0.149 | 0.141 | 0.151 | 0.136 | 0.129 | 0.140 | 0.140 | <b>0.173</b> | 0.135        | 0.141  | 0.132  | 0.147  | 0.128  | 0.195             | 0.170             |
| 13        | 0.140 | 0.139 | 0.133 | 0.142 | 0.130 | 0.124 | 0.131 | 0.133 | 0.155        | 0.129        | 0.133  | 0.125  | 0.137  | 0.123  | 0.189             | 0.165             |
| 14        | 0.133 | 0.132 | 0.128 | 0.134 | 0.125 | 0.121 | 0.125 | 0.127 | 0.142        | 0.124        | 0.127  | 0.121  | 0.129  | 0.119  | 0.184             | 0.161             |
| 15        | 0.127 | 0.126 | 0.123 | 0.128 | 0.122 | 0.118 | 0.121 | 0.123 | 0.133        | 0.120        | 0.122  | 0.117  | 0.123  | 0.116  | 0.180             | 0.157             |
| 16        | 0.123 | 0.122 | 0.119 | 0.124 | 0.118 | 0.116 | 0.118 | 0.120 | 0.127        | 0.117        | 0.119  | 0.115  | 0.119  | 0.113  | 0.176             | 0.154             |
| 17        | 0.119 | 0.118 | 0.116 | 0.120 | 0.116 | 0.114 | 0.115 | 0.116 | 0.122        | 0.114        | 0.115  | 0.112  | 0.115  | 0.111  | 0.173             | 0.151             |
| 18        | 0.116 | 0.115 | 0.114 | 0.117 | 0.113 | 0.112 | 0.113 | 0.114 | 0.118        | 0.112        | 0.113  | 0.110  | 0.112  | 0.109  | 0.170             | 0.149             |
| 19        | 0.114 | 0.112 | 0.111 | 0.114 | 0.111 | 0.110 | 0.111 | 0.112 | 0.114        | 0.110        | 0.111  | 0.109  | 0.110  | 0.107  | 0.167             | 0.146             |
| 20        | 0.112 | 0.110 | 0.110 | 0.112 | 0.110 | 0.108 | 0.109 | 0.111 | 0.112        | 0.109        | 0.109  | 0.107  | 0.108  | 0.106  | 0.165             | 0.144             |
| 21        | 0.110 | 0.108 | 0.108 | 0.110 | 0.108 | 0.107 | 0.108 | 0.109 | 0.109        | 0.107        | 0.107  | 0.106  | 0.107  | 0.105  | 0.163             | 0.142             |
| 22        | 0.108 | 0.107 | 0.106 | 0.108 | 0.106 | 0.106 | 0.106 | 0.108 | 0.107        | 0.106        | 0.106  | 0.105  | 0.105  | 0.104  | 0.161             | 0.141             |
| 23        | 0.106 | 0.105 | 0.105 | 0.106 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.107 | 0.106        | 0.104        | 0.105  | 0.104  | 0.104  | 0.103  | 0.159             | 0.139             |
| 24        | 0.105 | 0.104 | 0.104 | 0.105 | 0.104 | 0.104 | 0.104 | 0.106 | 0.104        | 0.103        | 0.103  | 0.104  | 0.103  | 0.102  | 0.157             | 0.138             |
| 25        | 0.103 | 0.103 | 0.102 | 0.103 | 0.103 | 0.103 | 0.102 | 0.105 | 0.103        | 0.102        | 0.102  | 0.103  | 0.102  | 0.101  | 0.156             | 0.136             |

Tabelle 3.9: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten  $I_{eff}$  (nach Zubau) Teil 2

| $v_{hub}$ | W24[B] | W38[A] | W39[A] | W42[A] | W49[A] | W51[A] | W52[A] | W53[A] | W68[A] | W69[A]       | W73[A] | W74[S] | Referenz Klasse A | Referenz Klasse B | Referenz Klasse S |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|--------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 3         | 0.296  | -      | -      | -      | 0.326  | -      | -      | -      | 0.374  | <b>0.495</b> | 0.388  | 0.364  | 0.419             | 0.366             | 0.390             |
| 4         | 0.258  | 0.279  | 0.295  | 0.267  | 0.276  | -      | -      | -      | 0.328  | <b>0.425</b> | 0.337  | 0.313  | 0.344             | 0.301             | 0.360             |
| 5         | 0.225  | 0.249  | 0.264  | 0.236  | 0.246  | 0.231  | 0.219  | 0.217  | 0.292  | <b>0.361</b> | 0.297  | 0.277  | 0.299             | 0.262             | 0.334             |
| 6         | 0.202  | 0.225  | 0.239  | 0.214  | 0.224  | 0.216  | 0.202  | 0.196  | 0.266  | <b>0.323</b> | 0.269  | 0.253  | 0.269             | 0.236             | 0.307             |
| 7         | 0.185  | 0.206  | 0.217  | 0.198  | 0.207  | 0.198  | 0.186  | 0.178  | 0.243  | <b>0.289</b> | 0.245  | 0.232  | 0.248             | 0.217             | 0.284             |
| 8         | 0.167  | 0.191  | 0.200  | 0.185  | 0.191  | 0.184  | 0.173  | 0.165  | 0.225  | <b>0.258</b> | 0.227  | 0.217  | 0.232             | 0.203             | 0.265             |
| 9         | 0.154  | 0.180  | 0.187  | 0.175  | 0.180  | 0.175  | 0.165  | 0.156  | 0.213  | <b>0.246</b> | 0.214  | 0.210  | 0.220             | 0.192             | 0.252             |
| 10        | 0.144  | 0.168  | 0.174  | 0.166  | 0.170  | 0.168  | 0.157  | 0.148  | 0.197  | <b>0.230</b> | 0.198  | 0.203  | 0.210             | 0.183             | 0.229             |
| 11        | 0.136  | 0.154  | 0.155  | 0.155  | 0.159  | 0.161  | 0.151  | 0.142  | 0.177  | <b>0.208</b> | 0.179  | 0.187  | 0.201             | 0.176             | 0.207             |
| 12        | 0.130  | 0.142  | 0.140  | 0.144  | 0.142  | 0.155  | 0.145  | 0.137  | 0.160  | 0.186        | 0.162  | 0.170  | 0.195             | 0.170             | 0.187             |
| 13        | 0.125  | 0.132  | 0.130  | 0.135  | 0.131  | 0.147  | 0.139  | 0.133  | 0.148  | 0.168        | 0.149  | 0.156  | 0.189             | 0.165             | 0.169             |
| 14        | 0.120  | 0.126  | 0.123  | 0.129  | 0.125  | 0.141  | 0.134  | 0.130  | 0.139  | 0.155        | 0.140  | 0.145  | 0.184             | 0.161             | 0.160             |
| 15        | 0.117  | 0.121  | 0.119  | 0.124  | 0.120  | 0.136  | 0.130  | 0.127  | 0.133  | 0.146        | 0.134  | 0.137  | 0.180             | 0.157             | 0.154             |
| 16        | 0.114  | 0.118  | 0.116  | 0.120  | 0.116  | 0.131  | 0.126  | 0.124  | 0.128  | 0.139        | 0.129  | 0.131  | 0.176             | 0.154             | 0.149             |
| 17        | 0.112  | 0.115  | 0.113  | 0.117  | 0.113  | 0.128  | 0.124  | 0.122  | 0.124  | 0.133        | 0.125  | 0.127  | 0.173             | 0.151             | 0.145             |
| 18        | 0.110  | 0.112  | 0.111  | 0.114  | 0.111  | 0.126  | 0.121  | 0.120  | 0.121  | 0.129        | 0.122  | 0.123  | 0.170             | 0.149             | 0.142             |
| 19        | 0.108  | 0.110  | 0.109  | 0.112  | 0.109  | 0.124  | 0.120  | 0.118  | 0.119  | 0.125        | 0.119  | 0.119  | 0.167             | 0.146             | 0.139             |
| 20        | 0.107  | 0.109  | 0.108  | 0.110  | 0.107  | 0.122  | 0.118  | 0.116  | 0.117  | 0.122        | 0.117  | 0.117  | 0.165             | 0.144             | 0.137             |
| 21        | 0.105  | 0.107  | 0.106  | 0.109  | 0.106  | 0.121  | 0.117  | 0.115  | 0.115  | 0.119        | 0.115  | 0.114  | 0.163             | 0.142             | 0.137             |
| 22        | 0.104  | 0.106  | 0.105  | 0.107  | 0.104  | 0.119  | 0.116  | 0.114  | 0.113  | 0.117        | 0.114  | 0.113  | 0.161             | 0.141             | 0.135             |
| 23        | 0.103  | 0.105  | 0.104  | 0.106  | 0.103  | 0.118  | 0.115  | 0.113  | 0.112  | 0.115        | 0.112  | 0.111  | 0.159             | 0.139             | 0.133             |
| 24        | 0.102  | 0.104  | 0.103  | 0.105  | 0.102  | 0.117  | 0.114  | 0.112  | 0.111  | 0.113        | 0.111  | 0.109  | 0.157             | 0.138             | 0.131             |
| 25        | 0.102  | 0.103  | 0.103  | 0.105  | 0.101  | 0.116  | 0.113  | 0.111  | 0.110  | 0.112        | 0.110  | 0.108  | 0.156             | 0.136             | 0.130             |

### 3.4 Schräganströmung $\delta$

Da es sich bei keinem Anlagenstandort einer nach DIBt 2012 typengeprüften neu geplanten Anlage um einen nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] topografisch komplexen Standort handelt, sind die Nachweise nach Abschnitt 1.2.2 nicht zu führen. Die Ausweisung der Werte erfolgt rein informativ und ein Vergleich mit den Auslegungswindbedingungen erfolgt im vorliegenden Gutachten nicht. Die Werte können jedoch einer eventuell erforderlichen Lastrechnung durch den Anlagenhersteller zu Grunde gelegt werden.

Die Ermittlung der Schräganströmung  $\delta_{NH}$  erfolgt gemäß [6] und entspricht der Neigung der angenäherten Ebene mit einem Radius  $5 z_{hub}$  vor der WEA und  $2 z_{hub}$  hinter der WEA gegenüber der horizontalen Mittelgeraden des betrachteten Sektors.

Die folgende Tabelle 3.10 stellt die Ergebnisse der ermittelten Schräganströmung  $\delta_{NH}$  dar.

Tabelle 3.10 Standortmittelwert der Schräganströmung  $\delta_{NH}$  der neu geplanten WEA

| Interne W-Nr. | $\delta_{NH}$ [°] |
|---------------|-------------------|
| W1            | 0.9               |
| W2            | 0.6               |
| W3            | -0.3              |
| W4            | 0.3               |
| W5            | 0.4               |
| W6            | -0.3              |
| W7            | 1.0               |
| W8            | 0.2               |

### 3.5 Höhenexponent $\alpha$

Da es sich bei keinem Anlagenstandort einer nach DIBt 2012 typengeprüften neu geplanten Anlage um einen nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] topografisch komplexen Standort handelt, sind die Nachweise nach Abschnitt 1.2.2 nicht zu führen. Die Ausweisung der Werte erfolgt rein informativ und ein Vergleich mit den Auslegungswindbedingungen erfolgt im vorliegenden Gutachten nicht. Die Werte können jedoch einer eventuell erforderlichen Lastrechnung durch den Anlagenhersteller zu Grunde gelegt werden.

Die Ermittlung des Höhenexponenten erfolgt entsprechend der DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] auf Basis der ermittelten Rauigkeiten am Standort. Einflüsse der Stabilität der Atmosphäre werden dabei nicht berücksichtigt. Die Ermittlung berücksichtigt keinen Einfluss der Topografie, der bei den hier untersuchten Nabenhöhen vernachlässigt werden kann, solange sich keine schroffen Geländekanten oder Steilhänge in unmittelbarer Umgebung der betrachteten WEA befinden. Der über alle Windrichtungen energiegewichtete Standortmittelwert des Höhenexponenten  $\alpha_{NH}$  ist für alle zu betrachtenden Anlagen in einem Bereich von der unteren Blattspitze bis zur oberen Blattspitze zu ermitteln.

Die folgende Tabelle 3.11 stellt die Ergebnisse der Standortmittelwerte des Höhenexponenten  $\alpha_{NH}$  dar.

Tabelle 3.11 Standortmittelwert des Höhenexponenten  $\alpha_{NH}$  der neu geplanten WEA

| Interne W-Nr. | $\alpha_{NH}$ [-] |
|---------------|-------------------|
| W1            | 0.14              |
| W2            | 0.14              |
| W3            | 0.14              |
| W4            | 0.14              |
| W5            | 0.14              |
| W6            | 0.14              |
| W7            | 0.14              |
| W8            | 0.14              |



### 3.6 Luftdichte $\rho$

Da es sich bei keinem Anlagenstandort einer nach DIBt 2012 typengeprüften neu geplanten Anlage um einen nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] topografisch komplexen Standort handelt, sind die Nachweise nach Abschnitt 1.2.2 nicht zu führen. Die Ausweisung der Werte erfolgt rein informativ und ein Vergleich mit den Auslegungswindbedingungen erfolgt im vorliegenden Gutachten nicht. Die Werte können jedoch einer eventuell erforderlichen Lastrechnung durch den Anlagenhersteller zu Grunde gelegt werden.

Die Berechnung der mittleren Luftdichte  $\rho_{NH}$  auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA erfolgt entsprechend der Norm DIN ISO 2553 [17]. Als Datengrundlage dient die mittlere Temperatur in 2 m über Grund, die in einem 1 km Raster über den Zeitraum von 1981 – 2010 vorliegt [18] und entsprechend [17] auf die zu untersuchende Nabenhöhe umgerechnet wird.

Die folgende Tabelle 3.12 stellt die Ergebnisse des Standortmittelwertes der Luftdichte  $\rho_{NH}$  für jede zu untersuchende WEA dar.

Tabelle 3.12: Standortmittelwert der Luftdichte  $\rho_{NH}$  der neu geplanten WEA

| Interne W-Nr. | $\rho_{NH}$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|---------------|----------------------------------|
| W1            | 1.197                            |
| W2            | 1.197                            |
| W3            | 1.201                            |
| W4            | 1.196                            |
| W5            | 1.197                            |
| W6            | 1.198                            |
| W7            | 1.197                            |
| W8            | 1.200                            |

### 3.7 Extreme Turbulenzintensität $I_{ext}$

Da es sich bei keinem Anlagenstandort einer nach DIBt 2012 typengeprüften neu geplanten Anlage um einen nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6] topografisch komplexen Standort handelt, sind die Nachweise nach Abschnitt 1.2.2 nicht zu führen. Die Ausweisung der Werte erfolgt rein informativ und ein Vergleich mit den Auslegungswindbedingungen erfolgt im vorliegenden Gutachten nicht. Die Werte können jedoch einer eventuell erforderlichen Lastrechnung durch den Anlagenhersteller zu Grunde gelegt werden.

Die Ermittlung der Extremturbulenzintensität erfolgt durch die Betrachtung aller auftretenden Nachlaufsituationen und stellt das Ergebnis mit dem höchsten Wert, im Zentrum aller betrachteten Nachlaufsituationen dar. Wenn keine Nachlaufsituationen zu berücksichtigen sind, wird der Wert der höchsten repräsentativen Turbulenzintensität ausgewiesen. Entsprechend [6] berücksichtigen alle ausgewiesenen Werte den jeweiligen anzusetzenden Turbulenzstrukturparameter  $C_{CT}$ .

Die folgende Tabelle 3.13 stellt die ermittelten extremen Turbulenzintensitäten  $I_{ext, NH}$  in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit dar.

Tabelle 3.13: Ermittelte extreme Turbulenzintensitäten  $I_{ext, NH}$

| $v_{hub}$ | W1    | W2    | W3    | W4    | W5    | W6    | W7    | W8    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3         | 0.414 | 0.395 | 0.367 | 0.409 | 0.328 | 0.369 | 0.394 | 0.370 |
| 4         | 0.388 | 0.371 | 0.331 | 0.348 | 0.282 | 0.342 | 0.364 | 0.312 |
| 5         | 0.344 | 0.329 | 0.292 | 0.300 | 0.247 | 0.302 | 0.323 | 0.270 |
| 6         | 0.315 | 0.301 | 0.267 | 0.271 | 0.224 | 0.276 | 0.295 | 0.244 |
| 7         | 0.292 | 0.279 | 0.246 | 0.248 | 0.207 | 0.256 | 0.273 | 0.223 |
| 8         | 0.265 | 0.253 | 0.225 | 0.225 | 0.191 | 0.232 | 0.249 | 0.204 |
| 9         | 0.242 | 0.231 | 0.208 | 0.214 | 0.178 | 0.213 | 0.228 | 0.194 |
| 10        | 0.222 | 0.211 | 0.192 | 0.201 | 0.168 | 0.195 | 0.209 | 0.183 |
| 11        | 0.201 | 0.191 | 0.177 | 0.189 | 0.158 | 0.178 | 0.191 | 0.173 |
| 12        | 0.184 | 0.174 | 0.165 | 0.176 | 0.150 | 0.163 | 0.176 | 0.162 |
| 13        | 0.170 | 0.161 | 0.155 | 0.165 | 0.143 | 0.152 | 0.163 | 0.154 |
| 14        | 0.159 | 0.151 | 0.147 | 0.155 | 0.138 | 0.143 | 0.154 | 0.146 |
| 15        | 0.151 | 0.143 | 0.141 | 0.148 | 0.134 | 0.136 | 0.147 | 0.141 |
| 16        | 0.144 | 0.137 | 0.136 | 0.142 | 0.130 | 0.131 | 0.141 | 0.136 |
| 17        | 0.139 | 0.132 | 0.132 | 0.137 | 0.127 | 0.126 | 0.136 | 0.131 |
| 18        | 0.134 | 0.127 | 0.129 | 0.132 | 0.125 | 0.122 | 0.132 | 0.128 |
| 19        | 0.131 | 0.124 | 0.126 | 0.129 | 0.122 | 0.119 | 0.128 | 0.125 |
| 20        | 0.127 | 0.120 | 0.123 | 0.127 | 0.120 | 0.116 | 0.125 | 0.123 |
| 21        | 0.124 | 0.117 | 0.121 | 0.124 | 0.118 | 0.113 | 0.122 | 0.121 |
| 22        | 0.121 | 0.114 | 0.118 | 0.121 | 0.117 | 0.111 | 0.120 | 0.119 |
| 23        | 0.118 | 0.112 | 0.116 | 0.119 | 0.115 | 0.109 | 0.117 | 0.117 |
| 24        | 0.115 | 0.109 | 0.114 | 0.117 | 0.113 | 0.106 | 0.115 | 0.115 |
| 25        | 0.113 | 0.107 | 0.113 | 0.114 | 0.112 | 0.104 | 0.113 | 0.112 |

## 4 Zusammenfassung

### 4.1 Neu geplante WEA

Es wurden die Standortbedingungen nach Abschnitt 1.2.1 für die neu geplanten WEA ermittelt und mit den Auslegungswerten verglichen. Dieser Vergleich hat gezeigt, dass

- i. W1 – W8 keine Überschreitung der mittleren Windgeschwindigkeit  $v_{hub, NH}$  im Vergleich zur Auslegungswindgeschwindigkeit  $v_{hub, TP}$  aufweisen (siehe Abschnitt 3.2.1),
- ii. W1 – W8 an einem Standort errichtet werden sollen, der den Auslegungswert der 50-Jahreswindgeschwindigkeit  $v_{m50, TP}$  nicht überschreitet (siehe Abschnitt 3.2.2) und
- iii. W1 und W8 keine Überschreitungen der effektiven Turbulenzintensität  $I_{eff}$  gegenüber den Auslegungswerten aufweisen (siehe Abschnitt 3.3.3.3).

Die Standorteignung gemäß DIBt 2012 [1.1] ist für die WEA W1 – W8 durch das vorliegende Gutachten nachgewiesen.

Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse zum Nachweis der Standorteignung der geplanten WEA zusammenfassend dar.

Tabelle 4.1: Zusammenfassung der Ergebnisse geplante WEA

| Interne W-Nr. | Hersteller | WEA Typ             | NH [m] | FEH [m] | Standorteignung gemäß DIBt 2012 nachgewiesen |
|---------------|------------|---------------------|--------|---------|----------------------------------------------|
| W1            | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW | 162.0  | 0.0     | Ja                                           |
| W2            | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW | 162.0  | 0.0     | Ja                                           |
| W3            | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW | 162.0  | 0.0     | Ja                                           |
| W4            | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW | 162.0  | 0.0     | Ja                                           |
| W5            | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW | 162.0  | 0.0     | Ja                                           |
| W6            | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW | 162.0  | 0.0     | Ja                                           |
| W7            | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW | 162.0  | 0.0     | Ja                                           |
| W8            | Enercon    | E-175 EP5 / 6000 kW | 162.0  | 0.0     | Ja                                           |

## 4.2 Bestehende WEA

### 4.2.1 Nachweis der Standorteignung durch den Vergleich mit den Auslegungswerten

Für die Bestands-WEA W20 – W24, W38, W39, W42, W49, W51 – W53, W68, W73 und W74 konnte die nach DIBt 2012 [1.1] nachzuweisende Standorteignung hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensität durch den Vergleich mit den Auslegungswerten nachgewiesen werden.

Die Bestands-WEA W9 und W69 weisen Überschreitungen der effektiven Turbulenzintensität nach der Richtlinie DIBt 2012 [1.1] auf. Durch einen Vergleich der Situation vor, mit der Situation nach dem geplanten Zubau konnte gezeigt werden, dass der geplante Zubau keinen signifikanten Einfluss auf die Standorteignung hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensitäten der WEA W9 und W69 hat. Bei diesem Vergleich wurde die Erhöhung der effektiven Turbulenzintensität durch den Zubau und ggf. deren Einfluss auf die PEL nach [20] untersucht. Somit ist die Standorteignung hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensität für diese WEA unter Maßgabe einer in deren Genehmigungsverfahren nachgewiesenen Standorteignung weiterhin nachgewiesen.

### 4.2.2 Nachweis der Standorteignung mittels Lastvergleich durch den WEA Hersteller

Für die Bestands-WEA W19 hat eine seitens des Herstellers Enercon durchgeführte Überprüfung der standortspezifischen Lasten der WEA, in der geplanten Konfiguration nach Tabelle 2.1, anhand der dem Hersteller zur Verfügung gestellten Ergebnisse aus Kapitel 3 ergeben, dass die Auslegungslasten der WEA nicht überschritten werden [25]. Die Ergebnisse in [25] wurden von der I17-Wind GmbH & Co. KG hinsichtlich der berücksichtigten Eingangsdaten geprüft und werden als richtig vorausgesetzt.

Die Standorteignung gemäß DIBt 2012 [1.1] ist für die Bestands-WEA W19 unter Berücksichtigung der standortspezifischen Lastrechnung [25] durch das vorliegende Gutachten nachgewiesen.

### 4.2.3 Zusammenfassung

Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse zum Nachweis der Standorteignung der Bestands-WEA zusammenfassend dar.

Tabelle 4.2: Zusammenfassung der Ergebnisse Bestands-WEA

| Interne W-Nr. | Hersteller | WEA Typ                    | NH [m] | FEH [m] | Standorteignung gemäß DIBt 2012 nachgewiesen |
|---------------|------------|----------------------------|--------|---------|----------------------------------------------|
| W9            | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6  | 0.0     | Ja                                           |
| W19           | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6  | 0.0     | Ja                                           |
| W20           | Enercon    | E-138 EP3 E3 / 4.260 kW    | 160.0  | 0.0     | Ja                                           |
| W21           | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6  | 0.0     | Ja                                           |
| W22           | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6  | 0.0     | Ja                                           |
| W23           | Enercon    | E-138 EP3 E3 / 4.260 kW    | 160.0  | 0.0     | Ja                                           |
| W24           | Enercon    | E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW | 166.6  | 0.0     | Ja                                           |
| W38           | Vestas     | V90-2.0 MW GS              | 105.0  | 0.0     | Ja                                           |
| W39           | Vestas     | V90-2.0 MW GS              | 105.0  | 0.0     | Ja                                           |
| W42           | Vestas     | V90-2.0 MW GS              | 105.0  | 0.0     | Ja                                           |
| W49           | Enercon    | E-82 E2 / 2.300 kW         | 138.0  | 0.0     | Ja                                           |
| W51           | Wind World | W4200/600                  | 50.0   | 0.0     | Ja                                           |
| W52           | Vestas     | V44-600 kW                 | 65.0   | 0.0     | Ja                                           |
| W53           | Vestas     | V44-600 kW                 | 65.0   | 0.0     | Ja                                           |
| W68           | Vestas     | V112-3.45 MW               | 94.0   | 0.0     | Ja                                           |
| W69           | Vestas     | V112-3.45 MW               | 94.0   | 0.0     | Ja                                           |
| W73           | Vestas     | V112-3.45 MW               | 94.0   | 0.0     | Ja                                           |
| W74           | Vestas     | V150-5.6 MW                | 125.0  | 0.0     | Ja                                           |

## 5 Standortbesichtigung

Entsprechend der Forderung in der Richtlinie DIBt Fassung Oktober 2012 [1.1] nach einer Standortbesichtigung und in Anlehnung an den BWE-Windgutachterbeirat [14] wurde diese mit einer vollständigen Fotodokumentation am 07.03.2021 durch einen Mitarbeiter der I17-Wind GmbH & Co. KG durchgeführt [23.1]. Ergänzend wurde durch den Auftraggeber am 04.12.2023 bestätigt, dass es seit Durchführung der Standortbesichtigung weder am Standort noch in der unmittelbaren Umgebung zu signifikanten Veränderungen hinsichtlich der Landschaftsform bzw. -nutzung sowie zu einer baulichen Änderung im Windpark gekommen ist und keine potenziell relevanten Einzelstrukturen hinzugekommen sind [23.2].

Die Standortbesichtigung dient zur Ermittlung, bzw. zum Abgleich von Geländebeschaffenheit mit vorhandenen Satellitendaten zur Rauigkeit [13.1] und ggf. zu den Höhenlinien [13.2]. Mögliche turbulenzrelevante Einzelstrukturen wurden untersucht und dokumentiert. Die Standortdokumentation bestätigt die zu Grunde gelegten Rauigkeiten und die Ergebnisse zur Komplexität.

## Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

| Abkürzung | Bedeutung                                                |
|-----------|----------------------------------------------------------|
| BImSchG   | Bundes-Immissionsschutzgesetz                            |
| DIBt      | Deutsches Institut für Bautechnik                        |
| DIN       | Deutsches Institut für Normung                           |
| EN        | Europäische Norm                                         |
| ETM       | Extremes Turbulenzmodell                                 |
| ETRS89    | Europäisches Terrestrisches Referenzsystem von 1989      |
| GK        | Gauß-Krüger, Geländekategorie                            |
| H         | Komplexitätskategorie Stark                              |
| IEC       | International Electrotechnical Commission                |
| L         | Komplexitätskategorie Gering                             |
| M         | Komplexitätskategorie Mittel                             |
| NA        | Nationaler Anhang                                        |
| NTM       | Normales Turbulenzmodell                                 |
| PEL       | Pseudo-Äquivalente-Last                                  |
| pdf       | Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion                        |
| TK        | Turbulenzkategorie, Auslegungsturbulenz                  |
| TP        | Typenprüfung                                             |
| UTM       | Universal Transverse Mercator Projection                 |
| WEA       | Windenergieanlage(n)                                     |
| WGS84     | World Geodetic System (letzte Revision in 2004)          |
| WSM       | Wind Sector Management, Sektorielle Betriebsbeschränkung |
| WV        | Windverteilung                                           |
| WZ        | Windzone                                                 |

| Symbol     | Bedeutung                                                                               | Einheit |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| $A$        | Skalenparameter der Weibullverteilung                                                   | [m/s]   |
| $C_{CT}$   | Turbulenzstrukturparameter                                                              | [-]     |
| $c_t$      | Schubbeiwert                                                                            | [-]     |
| $D$        | Rotordurchmesser                                                                        | [m]     |
| $FEH$      | Fundamenterhöhung                                                                       | [m]     |
| $h_{WV}$   | Höhe der Windbedingungen / Windverteilung über Grund                                    | [m]     |
| $I_{amb}$  | Umgebungsturbulenzintensität                                                            | [-]     |
| $i_c$      | Komplexitätsindex                                                                       | [-]     |
| $I_{char}$ | Charakteristische Turbulenzintensität                                                   | [-]     |
| $I_{ext}$  | Extreme Turbulenzintensität                                                             | [-]     |
| $I_{eff}$  | Effektive Turbulenzintensität auf Nabenhöhe                                             | [-]     |
| $I_{rep}$  | Repräsentative Turbulenzintensität                                                      | [-]     |
| $k$        | Formparameter der Weibullverteilung                                                     | [-]     |
| $\lambda$  | Schnelllaufzahl                                                                         | [-]     |
| $m$        | Wöhlerlinienkoeffizient                                                                 | [-]     |
| $NH$       | Nabenhöhe                                                                               | [m]     |
| $p$        | Sektorielle Häufigkeit                                                                  | [%]     |
| $P_N$      | Nennleistung                                                                            | [kW]    |
| $s$        | Dimensionsloser Abstand zwischen WEA, bezogen auf den jeweils größeren Rotordurchmesser | [-]     |

| Symbol          | Bedeutung                                                                   | Einheit              |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| $\tau$          | Lebensdauer                                                                 | [a]                  |
| $TSI$           | Index der Geländeneigung                                                    | [°]                  |
| $TVI$           | Index der Geländeabweichung                                                 | [%]                  |
| $v_{ave}$       | Jahresmittel der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe                          | [m/s]                |
| $v_{hub}$       | Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe                                           | [m/s]                |
| $v_{in}$        | Einschaltwindgeschwindigkeit der WEA                                        | [m/s]                |
| $v_{m50}$       | 10-Minuten Mittelwert der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe       | [m/s]                |
| $v_{out}$       | Abschaltwindgeschwindigkeit der WEA                                         | [m/s]                |
| $v_r$           | Nennwindgeschwindigkeit der WEA                                             | [m/s]                |
| $v_{ref}$       | Auslegungswert des 10-Minuten Mittelwerts der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit | [m/s]                |
| $X$             | Rechtswert                                                                  | [m]                  |
| $Y$             | Hochwert                                                                    | [m]                  |
| $z_0$           | Rauigkeitslänge                                                             | [m]                  |
| $z_{hub}$       | Nabenhöhe der betrachteten WEA                                              | [m]                  |
| $\alpha$        | Höhenexponent                                                               | [-]                  |
| $\delta$        | Schräganströmung                                                            | [°]                  |
| $\rho$          | Luftdichte                                                                  | [kg/m <sup>3</sup> ] |
| $\sigma$        | Standardabweichung der Windgeschwindigkeit                                  | [m/s]                |
| $\sigma_\sigma$ | Standardabweichung der Turbulenzintensität                                  | [-]                  |



## Literaturverzeichnis

- [1.1] Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt -, Berlin; Referat I 8 Bautechnisches Prüfamts Grundlagen der Standsicherheit; Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung Oktober 2012 und korrigierte Fassung März 2015;
- [1.2] DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik; DKE/AK 383.0.01/Untergruppe DIBt2012 an die PG „Windenergieanlagen“ des DIBt; Anwendung der DIBt 2012 zur Prüfung der Standorteignung, 30.01.2015;
- [2] Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt -, Berlin; Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung März 2004; Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik Reihe B, Heft 8;
- [3] Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt -, Berlin; Richtlinie für Windkraftanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung Juni 1993; 2. Überarbeitete Auflage 1995; Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik Reihe B, Heft 8;
- [4] International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 61400-1 Edition 2.0 International Standard Wind turbine generator systems – Part 1: Safety requirements;
- [5] International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 61400-1 Edition 3.0 International Standard Wind turbines – Part 1: Design requirement; Mit Implementierung von 61400-1/A1, Amendment 1, 2009;
- [6] Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN IEC 61400-1:2019; Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC61400-1:2019; Deutsche Fassung EN IEC 61400-1:2019; Dezember 2019);
- [7] Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 61400-1:2011-08 Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2012); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010;
- [8] Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 61400-1:2004 Windenergieanlagen – Teil 1: Sicherheitsanforderungen (IEC 61400-1:1999); Deutsche Fassung EN 61400-1:2004;
- [9] Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 mit DIN EN 1991-1-4:2010-12; Nationaler Anhang – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen: Windlasten;
- [10] ECN Solar & Wind Energy, J.W.M. Dekker und J.T.G. Pierik [Hrsg.]: European Wind Turbine Standards II, Petten, (NLD), 1998;
- [11] Deutsches Institut für Bautechnik; Windzonen nach Verwaltungsgrenzen; Windzonen\_nach\_Verwaltungsgrenzen.xlsx; Stand 02.06.2022;
- [12] European Wind Atlas, Risø National Laboratory, Roskilde (DK), 1989 Troen, Ib; Petersen, Erik L.;
- [13.1] European Environment Agency; Corine Land Cover (CLC) 2018, Version 20 (final version); Veröffentlicht im Juni 2019;
- [13.2] U.S. Geological Survey Earth Resources Observation & Science Center (EROS); SRTM 1 Arc-Sec Global; Download am 02.12.2016;
- [14] BWE Bundesverband WindEnergie; BWE-Windgutachterbeirat - Mindeststandards zur Dokumentation von gutachterlichen Stellungnahmen zur Ermittlung der Umgebungsturbulenzintensität; 15.11.2016;

- [15] *Risø DTU National Laboratory for Sustainable Energy, Windfarm Assessment Tool Version 3.3.0.128;*
- [16] *Frandsen, Sten T. (2007): Turbulence and turbulence-generated structural loading in wind turbine clusters. Roskilde (DK);*
- [17] *Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN ISO 2533; Normatmosphäre; Dezember 1979;*
- [18] *Deutscher Wetterdienst; DWD Climate Data Center (CDC), Vieljährige mittlere Raster der Lufttemperatur (2m) für Deutschland 1981-2010, Version v1.0.;*
- [19.1] *OpenStreetMap und Mitwirkende; SRTM | Kartendarstellung: OpenTopoMap (CC-BY-SA); Siehe auch: <https://creativecommons.org>;*
- [19.2] *Microsoft Corporation; © 2019 Digital Globe © CNES (2019) Distribution Airbus DS; Siehe auch: <https://www.microsoft.com/en-us/maps/product>;*
- [20] *Rodenhausen M., Moser W., Hülsmann C., Bergemann C., Könker M., McKenna R.; Prüfung der Standorteignung für Windenergieanlagen: Ein pragmatischer Ansatz; Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin. Bautechnik 93 (2016) Heft 10;*
- [21] *Ulrich Heineck UHNS eK; E-Mail mit dem Betreff: "AW: 2te neue Planung" vom 06.11.2023; Datei: Kopie von 230717\_Eingangskatalog\_I17-Wind\_S3.xls und E-Mail mit dem Betreff: "Streichung und Änderung von Anlagentyp" vom 02.02.2024;*
- [22.1] *anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH; Abschätzung des langjährigen mittleren Windpotentials auf Basis des anemos Windatlas für Deutschland am Standort Niedertrebra; Berichts-Nr.: 23-642-7231395-Rev.00-WV-IM ; 01.12.2023;*
- [22.2] *entfällt;*
- [23.1] *I17-Wind GmbH & Co. KG; Standortdokumentation für ein Gutachten zur Standorteignung nach DIBt 2012 für den Windpark Eckolstädt; Bericht-Nr.: I17-SV-2021-039; 07.03.2021;*
- [23.2] *Ulrich Heineck UHNS eK; E-Mail mit dem Betreff: "AW: 2te neue Planung" vom 04.12.2023;*
- [24.1] *ENERCON GmbH; Technisches Datenblatt General Design Conditions ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 / 6000 kW; Dokument ID: D02772001/4.0-de; 19.06.2023;*
- [24.2] *ENERCON GmbH; Ansichtszeichnung Hybridturm Elevation drawing hybrid tower E-175 EP5-HT-162-ES-C-01; EP5.00.018-2; 25.11.2022;*
- [25] *ENERCON GmbH; Ergebnisbericht Standortspezifischer Lastvergleich Standorteignung Windpark Niedertrebra Version A01; O-19609\_A01\_WSE\_SVLS\_rev0; 19.03.2024;*

## Anhang / Übermittelte Windverhältnisse am Standort

Tabelle A.1: Windverhältnisse am Standort WV 2/1 [22.1]

| UTM ETRS89 Zone 32        |         |                     | A<br>[m/s]  | k<br>[-]    | p<br>[%]      | v <sub>ave</sub><br>[m/s] |
|---------------------------|---------|---------------------|-------------|-------------|---------------|---------------------------|
| X [m]                     | Y [m]   | h <sub>wv</sub> [m] |             |             |               |                           |
| 681630                    | 5659115 | 162.0               |             |             |               |                           |
| Sektor   Windrichtung [°] |         |                     |             |             |               |                           |
| N   0                     |         |                     | 5.24        | 2.12        | 4.45          | ---                       |
| NNO   30                  |         |                     | 5.32        | 2.33        | 5.51          | ---                       |
| ONO   60                  |         |                     | 5.71        | 2.42        | 7.59          | ---                       |
| O   90                    |         |                     | 6.11        | 2.24        | 6.97          | ---                       |
| OSO   120                 |         |                     | 5.19        | 2.21        | 3.90          | ---                       |
| SSO   150                 |         |                     | 5.34        | 2.19        | 3.46          | ---                       |
| S   180                   |         |                     | 7.36        | 2.03        | 5.65          | ---                       |
| SSW   210                 |         |                     | 8.90        | 2.27        | 11.00         | ---                       |
| WSW   240                 |         |                     | 9.28        | 2.51        | 18.23         | ---                       |
| W   270                   |         |                     | 8.69        | 2.48        | 18.17         | ---                       |
| WNW   300                 |         |                     | 6.66        | 2.33        | 10.66         | ---                       |
| NNW   330                 |         |                     | 4.73        | 2.28        | 4.41          | ---                       |
| Gesamt                    |         |                     | <b>7.37</b> | <b>2.06</b> | <b>100.00</b> | <b>6.53</b>               |

# LANDSCHAFTSPFLEGERISCHER BEGLEITPLAN

Stand: 12.03.2024

für

## Errichtung und Betrieb von 8 Windenergieanlagen im Bereich des Vorranggebietes W-10 - Eckolstädt (Weimarer Land)

Auftraggeber:

Ulrich Heineck UHNS e.K.  
Im unteren Dorf 65  
99518 Bad Sulza OT Eckolstädt

Ronneburg, 12.03.2024



## **INHALT**

Inhalt  
Tabellen

### **Inhalt**

|          |                                                                                                                              |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung .....</b>                                                                                                      | <b>4</b>  |
| 1.1      | AUSGANGSSITUATION / AUFGABENSTELLUNG .....                                                                                   | 4         |
| 1.2      | RECHTLICHE GRUNDLAGEN .....                                                                                                  | 5         |
| 1.3      | BEARBEITUNGSMETHODIK, DATENGRUNDLAGEN, UNTERSUCHUNGSUMFÄNGE.....                                                             | 6         |
| <b>2</b> | <b>Vorhabensbeschreibung .....</b>                                                                                           | <b>8</b>  |
| <b>3</b> | <b>Bestandserfassung und -bewertung der Schutzgüter des UVPG .....</b>                                                       | <b>8</b>  |
| 3.1      | VORBEMERKUNGEN .....                                                                                                         | 8         |
| <b>4</b> | <b>Darstellung und Bewertung der vorhabensbedingt zu erwartenden<br/>Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft.....</b>    | <b>9</b>  |
| 4.1      | ANGABEN ZUR KONFLIKTANALYSE .....                                                                                            | 9         |
| <b>5</b> | <b>Anwendung der Eingriffsregelung nach Naturschutzrecht.....</b>                                                            | <b>10</b> |
| 5.1      | GRUNDSÄTZLICHES VORGEHEN .....                                                                                               | 10        |
| 5.2      | MAßNAHMEN ZUR VERMEIDUNG UND MINIMIERUNG VON EINGRIFFSFOLGEN .....                                                           | 10        |
| 5.3      | ERMITTLUNG DES KOMPENSATIONSBEDARFS FÜR VERBLEIBENDE ERHEBLICHE<br>BEEINTRÄCHTIGUNGEN.....                                   | 12        |
| 5.3.1    | VORBEMERKUNGEN.....                                                                                                          | 12        |
| 5.3.2    | ERMITTLUNG DES KOMPENSATIONSBEDARFS FÜR VERBLEIBENDE ERHEBLICHE<br>BEEINTRÄCHTIGUNGEN DES NATURHAUSHALTS .....               | 12        |
| 5.3.3    | ERMITTLUNG DES KOMPENSATIONSBEDARFS FÜR VERBLEIBENDE ERHEBLICHE<br>BEEINTRÄCHTIGUNGEN DES LANDSCHAFTSBILDES .....            | 13        |
| <b>6</b> | <b>Planung von Kompensationsmaßnahmen und Eingriffs-<br/>Ausgleichsbilanzierung.....</b>                                     | <b>14</b> |
| 6.1      | KOMPENSATIONSMAßNAHMEN FÜR VERBLEIBENDE ERHEBLICHE BEEINTRÄCHTIGUNGEN DES<br>LANDSCHAFTSBILDES UND DES NATURHAUSHALTES ..... | 14        |
| 6.2      | MAßNAHMENKONZEPTION/AUSGLEICH.....                                                                                           | 15        |
| 6.2.1    | VORBEMERKUNG .....                                                                                                           | 15        |
| 6.2.2    | KOMPENSATION DER BEEINTRÄCHTIGUNGEN IM NATURHAUSHALT.....                                                                    | 15        |
| 6.2.3    | KOMPENSATION DER BEEINTRÄCHTIGUNGEN IM LANDSCHAFTSBILD .....                                                                 | 15        |
| <b>7</b> | <b>Quellen .....</b>                                                                                                         | <b>16</b> |

## **Tabellen**

|            |                                                                                       |    |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: | Ermittlung des Kompensationsbedarfes für Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes ..... | 13 |
| Tabelle 2: | Berechnung der Ausgleichsabgabe für das Landschaftsbild .....                         | 15 |

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation / Aufgabenstellung

Herr Heineck plant die Errichtung von 8 Windenergieanlagen (WEA) im Bereich und Umfeld des Wind-Vorranggebietes W-10 -Eckolstädt (Landkreis Weimarer Land). In diesem Windfeld bestehen insgesamt bereits 48 WEA, weitere 18 WEA wurden beantragt.

Zur Genehmigung dieses Vorhabens ist ein Genehmigungsverfahren nach § 19 BImSchG durchzuführen. Genehmigungsbehörde ist die Untere Immissionsschutzbehörde des Landkreises Weimarer Land.

Die Errichtung von WEA stellt gemäß des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) grundsätzlich ein eingriffsrelevantes Vorhaben dar. Entsprechend ist es erforderlich, die für die naturschutzrechtliche Prüfung des Vorhabens notwendigen Informationen in einem den Genehmigungsunterlagen beizufügenden Landschaftspflegerischen Begleitplan (LBP) zu dokumentieren. Dieser wird hiermit vorgelegt.

Gemäß § 12 Abs. 1 UVPG sowie Nr. 1.6.1 der Anlage 1 zum UVPG ist für WEA, die Teil einer Windfarm mit 20 oder mehr WEA sind, zu Beginn des Genehmigungsverfahrens eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen. Im Rahmen der UVP wird durch die zuständigen Behörden die Umweltverträglichkeit des geplanten Vorhabens anhand der in der Anlage 4 zum UVPG aufgeführten Kriterien geprüft. Nach § 16 (1) UVPG hat der Träger des Vorhabens der zuständigen Behörde einen Bericht zu den voraussichtlichen Umweltauswirkungen des Vorhabens (UVP-Bericht) vorzulegen.

Der für das geplante Vorhaben bereits erarbeitete UVP-Bericht ist sehr detailliert und umfangreich. Für seine Zusammenstellung stand eine detaillierte Datenbasis zur Verfügung. Entsprechend besteht die Möglichkeit, dass der LBP auf den bereits vorliegenden UVP-Bericht aufbaut, um Doppelungen zu vermeiden. Dies erfolgt derart, dass keine wiederholende Darstellung gemeinsamer Inhalte im LBP erfolgt. So wird in den Kap. 2 (Vorhabenbeschreibung), 3 (Bestandserfassung und -bewertung der Schutzgüter des UVPG) und 4 (Darstellung und Bewertung der vorhabensbedingt zu erwartenden Beeinträchtigungen der Schutzgüter des UVPG) lediglich auf die adäquaten Kapitel des UVP-Berichtes verwiesen. Daran anknüpfend beinhaltet der vorliegende LBP die Darstellung der Abarbeitung der einzelnen Schritte der Eingriffsregelung:

- Planung von Maßnahmen zur Eingriffsvermeidung und -minimierung,
- Ermittlung des erforderlichen Umfangs von Maßnahmen zur Kompensation nicht vermeidbarer Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft,
- Planung von Maßnahmen zur Kompensation nicht vermeidbarer Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft (gegenwärtig läuft eine Recherche nach geeigneten Maßnahmenflächen) und



- Gegenüberstellung/Bilanzierung von Eingriff und Ausgleich (erfolgt nach der Recherche geeigneter Maßnahmenflächen sowie Maßnahmenplanung).

## 1.2 Rechtliche Grundlagen

Mit dem am 01.03.2010 in Kraft getretenen Gesetz zur Neuregelung des Naturschutzes und der Landschaftspflege vom 29. Juli 2009 hat der Bund auf Grundlage der konkurrierenden Gesetzgebungsbefugnis nach Art. 72 Abs. 1 und 3 GG eine umfassende direkt in den Ländern geltende Regelung vorgelegt. Das Landesrecht wird im Zuge der bundesrechtlichen Neuregelung in Teilen verdrängt. Im Übrigen gelten landesrechtliche Vorschriften dann neben oder vorrangig gegenüber Bundesrecht, wenn sie über Abweichungsgesetzgebung in Kraft gesetzt werden.

Die Art und Weise der aktuell geltenden gesetzlichen Änderungen werden in der folgenden Abhandlung dargestellt.

Die geplante Errichtung von 8 Windenergieanlagen (WEA) ist als genehmigungspflichtiger Eingriff in Natur und Landschaft im Sinne des § 14 BNatSchG<sup>1</sup> zu werten.

Die Eingriffsdefinition gemäß § 14 Abs. 1 BNatSchG lautet:

*„Eingriffe in Natur und Landschaft sind Veränderungen der Gestalt oder der Nutzung von Grundflächen oder Veränderungen des mit der belebten Bodenschicht in Verbindung stehenden Grundwasserspiegels, die die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes oder das Landschaftsbild erheblich oder nachhaltig beeinträchtigen können.“*

Nach § 17 BNatSchG bedürfen Eingriffe einer Genehmigung. Ein Eingriff darf gemäß § 15 Abs. 5 BNatSchG nicht zugelassen oder durchgeführt werden, wenn

1. die Beeinträchtigungen nicht zu vermeiden oder nicht in angemessener Frist auszugleichen oder zu ersetzen sind und
2. die Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege bei der Abwägung aller Anforderungen an Natur und Landschaft anderen Belangen im Range vorgehen.

Unvermeidbare Beeinträchtigungen sind nach § 15 Abs. 2 BNatSchG vorrangig auszugleichen oder in sonstiger Weise zu kompensieren:

*„Der Verursacher ist verpflichtet, unvermeidbare Beeinträchtigungen durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auszugleichen (Aus-*

<sup>1</sup> Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) vom 29.07.2009, in Kraft getreten am 1. März 2010, geänderte Fassung durch Art. 1 G v. 20.07.2022.

*gleichsmaßnahmen) oder zu ersetzen (Ersatzmaßnahmen). Ausgeglichen ist eine Beeinträchtigung, wenn und sobald die beeinträchtigten Funktionen des Naturhaushalts in gleichartiger Weise wiederhergestellt sind und das Landschaftsbild landschaftsgerecht wiederhergestellt oder neu gestaltet ist. Ersetzt ist eine Beeinträchtigung, wenn und sobald die beeinträchtigten Funktionen des Naturhaushalts in dem betroffenen Naturraum in gleichwertiger Weise hergestellt sind und das Landschaftsbild landschaftsgerecht neu gestaltet ist. ...“*

Sofern ein Ausgleich oder eine Kompensation von Beeinträchtigungen nicht oder nicht vollständig möglich ist, eröffnet § 15 Abs. 6 BNatSchG die Möglichkeit einer Ersatzzahlung (Ersatz in Geld):

*§ 15 Abs. 6 BNatSchG: „Wird ein Eingriff nach Absatz 5 zugelassen oder durchgeführt, obwohl die Beeinträchtigungen nicht zu vermeiden oder nicht in angemessener Frist auszugleichen oder zu ersetzen sind, hat der Verursacher Ersatz in Geld zu leisten. ...“*

Zu den als Grundlage für die Eingriffsgenehmigung vorzulegenden Unterlagen finden sich Regelungen in § 17 Abs. 4 BNatSchG:

*Vom Verursacher eines Eingriffs sind zur Vorbereitung der Entscheidungen und Maßnahmen zur Durchführung des § 15 in einem nach Art und Umfang des Eingriffs angemessenen Umfang die für die Beurteilung des Eingriffs erforderlichen Angaben zu machen, insbesondere über*

- 1. Ort, Art, Umfang und zeitlichen Ablauf des Eingriffs sowie*
- 2. die vorgesehenen Maßnahmen zur Vermeidung, zum Ausgleich und zum Ersatz der Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft einschließlich Angaben zur tatsächlichen und rechtlichen Verfügbarkeit der für Ausgleich und Ersatz benötigten Flächen.*

*Die zuständige Behörde kann die Vorlage von Gutachten verlangen, soweit dies zur Beurteilung der Auswirkungen des Eingriffs und der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen erforderlich ist. Bei einem Eingriff, der auf Grund eines nach öffentlichem Recht vorgesehenen Fachplans vorgenommen werden soll, hat der Planungsträger die erforderlichen Angaben nach Satz 1 im Fachplan oder in einem landschaftspflegerischen Begleitplan in Text und Karte darzustellen. ...“*

Der gemäß § 17 Abs. 4 BNatSchG geforderte Landschaftspflegerische Begleitplan wird hiermit vorgelegt. Seine fachlichen Inhalte werden im folgenden **Kap. 1.3** erläutert.

### **1.3 Bearbeitungsmethodik, Datengrundlagen, Untersuchungsumfänge**

Die Erstellung des LBP erfolgt in den Arbeitsschritten:

- Bestandserfassung und -bewertung der Schutzgüter,

- Konfliktanalyse,
- Planung von Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen und
- Ermittlung des Kompensationsbedarfs, Planung geeigneter Kompensationsmaßnahmen sowie Bilanzierung von Eingriff und Ausgleich.

### **Bestandserfassung und -bewertung der Schutzgüter / Konfliktanalyse**

Eine ausführliche Darstellung der räumlichen und inhaltlichen Umfänge der Bestandsaufnahme und der Konfliktanalyse, aller genutzten Datenquellen sowie der angewandten Untersuchungs- und Bewertungsmethoden enthält das Kap. 3 bzw. die Kap. zu den einzelnen Schutzgütern im UVP-Bericht.

### **Planung von Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen**

An die Konfliktanalyse schließt sich eine Betrachtung von Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen an, die geeignet sind, das Ausmaß der Beeinträchtigungen der einzelnen Schutzgüter zu verringern.

### **Ermittlung des Kompensationsbedarfes / Planung von Kompensationsmaßnahmen / Bilanzierung von Eingriff und Ausgleich**

Im Freistaat Thüringen sind die Ermittlung des Kompensationsbedarfs und die Bilanzierung von Eingriff und Ausgleich grundsätzlich nach dem „Bilanzierungsmodell Thüringen“ (MLNU 2005) durchzuführen.

Das Bilanzierungsmodell ist ein biotoptypenbezogenes, standardisiertes Verfahren. Basis des Verfahrens ist die Erfassung und Bewertung von Biotoptypen. Diese erfolgt sowohl für die unmittelbar vom Eingriff betroffenen Flächen als auch für die Flächen, auf denen Kompensationsmaßnahmen durchgeführt werden sollen. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei den meisten Vorhabensarten über die Erfassung und Bewertung der Biotoptypen neben den biotischen Schutzgütern Pflanzen und Tiere auch die abiotischen Schutzgüter Wasser, Luft, Boden sowie das Landschaftsbild hinreichend mit berücksichtigt werden.

Eine Ausnahme stellt die Bewertung von Windenergieprojekten dar. Konfliktschwerpunkte von Windenergieprojekten sind Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes sowie potenziell Beeinträchtigungen der Avifauna und der Fledermausfauna. Gleichzeitig bleibt die Biotopanspruchnahme verhältnismäßig gering. Entsprechend ist ein ausschließlich biotoptypenbasierendes Bewertungsverfahren für die Eingriffsbewertung von Windenergieprojekten nur bedingt geeignet.

Deshalb erfolgte in der Vergangenheit die Ermittlung einer Orientierungsgröße für den erforderlichen Flächenumfang von Ausgleichs- bzw. Kompensationsmaßnahmen für nicht vermeidbare Beeinträchtigungen nach dem System von W. NOHL (1993) „*Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe, Materialien für die naturschutzfachliche Bewertung und Kompensationsermittlung*“. Mittlerweile wurde von diesem System Abstand genommen und der entsprechende Erlass (06.05.2003) vom TMUEN mit Wirkung

vom 01.12.2023 aufgehoben. Dies erfolgte vor dem Hintergrund, dass eine Realkompensation der Eingriffe durch Windenergieanlagen mit Gesamthöhen von 250 m, wie sie dem heutigen Stand der Technik entsprechen, in der Regel nicht mehr möglich ist.

Auch im Rahmen der Einführung der Bundeskompensationsverordnung wurde festgehalten, dass Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes, die von Mast-, Turm- oder sonstigen Hochbauten verursacht werden, die höher als 20 m sind, in der Regel nicht ausgleichbar oder ersetzbar seien.

Demzufolge wird durch das TLUBN Jena auf die Hinweise zur Anwendung der ThürNatEVO insbesondere bei Landschaftsbildbeeinträchtigungen durch mastenartige Eingriffe, Erlass des TMLNU vom 2.6.1999 (Az.: 32-65014-8) verwiesen.

## 2 Vorhabensbeschreibung

Alle notwendigen lagebezogenen und technischen Angaben zum geplanten Vorhaben sind im Kap. 2 des UVP-Berichts dargestellt:

- Kap. 2.1 Errichtung der Windenergieanlagen,
  - Kap. 2.1.1 Lagebeschreibung,
  - Kap. 2.1.2 Angaben zu den geplanten Anlagen, Flächeninanspruchnahme,
  - Kap. 2.1.3 Erschließungs- und Bauaufwand,
- Kap. 2.2 Betrieb der Windenergieanlagen,
  - Kap. 2.2.1 Anfall von Abfällen,
  - Kap. 2.2.2 Betriebsbedingte Emissionen,
  - Kap. 2.2.3 Unfallrisiken.

## 3 Bestandserfassung und -bewertung der Schutzgüter des UVPG

### 3.1 Vorbemerkungen

Die Bestandsaufnahme und -bewertung für die im Rahmen des LBP zu betrachtenden Schutzgüter des Naturschutzrechts enthält Kap. 3 des UVP-Berichts:

- Kap. 3.2 Schutzgut Mensch (einschließlich Kultur- und Sachgüter)
- Kap. 3.3 Schutzgut Fläche,
- Kap. 3.4 Schutzgut Boden,
- Kap. 3.5 Schutzgut Wasser,

---

|          |                                                                                             |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kap. 3.6 | Schutzgut Klima/Luft,                                                                       |
| Kap. 3.7 | Schutzgut Arten & Biotope (Biototypen, Vögel, Fledermäuse, Feldhamster),                    |
| Kap. 3.8 | Schutzgut Landschaftsbild und Erholungseignung                                              |
| Kap. 3.9 | Schutzgebiete und -objekte des Naturschutzes, der Wasserwirtschaft und des Denkmalschutzes. |

## **4 Darstellung und Bewertung der vorhabensbedingt zu erwartenden Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft**

### **4.1 Angaben zur Konfliktanalyse**

Grundsätzliches Ergebnis der im Zuge der Erarbeitung des UVP-Berichts durchgeführten Konfliktanalyse ist, dass sich mit Errichtung und Betrieb der geplanten 18 WEA im Umfeld des Windparks Eckolstädt (Windeignungsgebiet W-10 - Eckolstädt) zusätzliche erhebliche Beeinträchtigungen der Schutzgüter Boden, Biotope & Arten sowie Landschaftsbild ergeben werden.

Als erhebliche und damit naturschutzrechtlich kompensationspflichtige Beeinträchtigungen werden:

- die Vollversiegelung gewachsener Bodenfläche auf ca. 4.088 m<sup>2</sup> (Fundamentfläche) und die Teilversiegelung gewachsener Bodenfläche auf ca. 17.056 m<sup>2</sup> (Kranstellflächen und Zuwegungen),
- die Inanspruchnahme von ca. 20.967 m<sup>2</sup> intensiv bewirtschaftete Ackerfläche, 57 m<sup>2</sup> Hecken und 120 m<sup>2</sup> Obstbaumreihe sowie
- die Ausweitung der technogenen Überprägung des Landschaftsbildes

bewertet.

Alle Details der Konfliktanalyse sind im Kap. 4 des UVP-Berichts dargestellt:

|          |                                                |
|----------|------------------------------------------------|
| Kap. 4.2 | Schutzgut Mensch/Kultur- und Sachgüter         |
| Kap. 4.3 | Schutzgut Boden,                               |
| Kap. 4.4 | Schutzgut Wasser,                              |
| Kap. 4.5 | Schutzgut Klima/Luft,                          |
| Kap. 4.6 | Schutzgut Arten & Biotope,                     |
| Kap. 4.7 | Schutzgut Landschaftsbild/Erholungseignung und |
| Kap. 4.8 | Schutzgut Fläche.                              |

## 5 Anwendung der Eingriffsregelung nach Naturschutzrecht

### 5.1 Grundsätzliches Vorgehen

Im Rahmen der Konfliktanalyse wurde festgestellt, dass sich mit Errichtung und Betrieb der geplanten WEA erhebliche und/oder nachhaltige Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes (Teil- und Vollversiegelung des Bodens, Flächeninanspruchnahme von Biotopen) und des Landschaftsbildes ergeben werden. Entsprechend ist den **Maßgaben der Eingriffsregelung** zu folgen:

|                                    |     |                                     |     |                                           |
|------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|-------------------------------------------|
| Maßnahmen zur<br><b>Vermeidung</b> | vor | Maßnahmen zur<br><b>Minimierung</b> | vor | Maßnahmen zum<br><b>Ausgleich/Ersatz.</b> |
|------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|-------------------------------------------|

Ausgehend von der Analyse des Naturhaushaltes und des Landschaftsbildes des Vorhabensgebietes sowie der Darstellung der Konflikte, die durch die Errichtung der WEA zu erwarten sind, werden im Folgenden Maßnahmen zur Konfliktminimierung empfohlen (**Kap. 5.2**) und der Kompensationsbedarf ermittelt (**Kap. 5.3**). Darauf aufbauend erfolgt die Planung der erforderlichen Kompensationsmaßnahmen (**Kap. 6**).

### 5.2 Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung von Eingriffsfolgen

Nach der gängigen naturschutzfachlichen Auffassung wird von Vermeidungsmaßnahmen gesprochen, wenn durch ihre Realisierung bestimmte Beeinträchtigungen der Schutzgüter unterbleiben, ohne dass das mit dem jeweiligen Vorhaben verfolgte Ziel gänzlich in Frage gestellt wird. „Beeinträchtigungen sind also vermeidbar, wenn das Vorhabensziel durch eine schonendere Vorhabensvariante oder Modifikation verwirklicht werden kann“ (KÖPPEL et al. 1998).

Die folgende Auflistung enthält die geplanten Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen (V1 bis V8):

- V1:** Zum Schutz von Fledermäusen vor einer Kollision plant der Vorhabensträger die Anwendung fledermausfreundlicher Betriebszeiten (Abschaltzeiten) zur Reduzierung des erhöhten Tötungsrisikos nach folgenden Parametern:
1. Pauschale Abschaltung der WEA vom 01. April bis 31. Oktober,
  2. in der Zeit von 1 Stunde vor Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang bei Windgeschwindigkeiten  $< 6,5$  m/s (gemessen in Gondelhöhe),
  3. bei Temperaturen von  $\geq 10$  °C sowie
  4. trockener Witterung (kein Regen).

Erfassung der Fledermausaktivität im Rotorbereich an den neu errichteten WEA (Abstimmung mit UNB) durch ein Gondelmonitoring. Nach Abschluss spätestens des dritten Monitoringjahres sind die festgelegten Abschaltbedingungen an die Ergebnisse des Gondelmonitorings anzupassen.

- V2:** Zum Schutz des Rot- und Schwarzmilans, weiterer Groß- und Greifvögel sowie von Zug- und Rastvögeln plant der Vorhabensträger die Abschaltung der WEA an Tagen mit landwirtschaftlichen Nutzungsereignissen entsprechend den Vorgaben des Avifaunistischen Fachbeitrags (TLUG 2017):
- Abschaltung der WEA an Tagen mit landwirtschaftlichen Nutzungsereignissen (Mahd und Ernte) sowie bodenwendende Bearbeitung im Umkreis von 300 m vom Mastfuß;
  - Abschaltung an 2 Tagen ab Beginn der Arbeiten, zwischen Sonnenauf- und -untergang, von April bis September;
  - Ein Entfallen der Vermeidungsmaßnahme ist möglich, wenn derzeit noch nicht abschließend erprobte Möglichkeiten zur Minderung des Kollisionsrisikos (z. B. Radarerkennungssysteme) verfügbar sind, welche nachgewiesenermaßen zur gleichen Minderung des Kollisionsrisikos wie die Abschaltung führen.
- V3:** Reduzierung des Kleinsäugerbesatzes und damit der Lockwirkung der unmittelbaren WEA-Fundamentflächen auf Greife durch Verdichtung und Schotterung.
- V4:** Eine Rodung von Gehölzen darf nicht vom 1. März – 30. September (Brutzeit der Gehölzbrüter) erfolgen, sofern nicht aktuell nachgewiesen wird, dass keine Brutplätze/Lebensstätten vorhanden sind.
- V5:** Bodenbrüterschutz (z. B. Feldlerche) durch Abschieben des Oberbodens im Bereich der Baufelder nicht in der Zeit vom 01.03. bis zum 31.08. Abweichend davon ist eine Baufeldberäumung auch im Zeitraum von März bis August artenschutzrechtlich unkritisch, wenn zuvor gutachterlich nachgewiesen wird, dass im Baufeld keine besetzten Nester von Bodenbrütern bzw. Nester in Ruderal- und Staudenfluren vorhanden sind.
- V6:** Im Rahmen einer ökologischen Baubegleitung werden alle erforderlichen naturschutzfachlichen Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit und fachgerechte Umsetzung überwacht.
- V7:** Verwendung einer Geotextil-Unterlage vor Auftrag von Schotter zur Verteilung des Bodendruckes auf nur baubedingt in Anspruch zu nehmenden Flächen (betrifft vor allem die Montageflächen neben den WEA) oder von Fahr- bzw. Bodenschutzplatten. Nach Beendigung der Bauphase werden die Materialien (Schotter/Geotextil) vollständig entfernt.
- V8:** Regelmäßig sind Kontrollen durchzuführen, dass die eingesetzten Baumaschinen und Baufahrzeuge kein Öl oder Treibstoff verlieren. Gefahrenquellen sind sofort zu beseitigen. Vor Ort benötigte Öle sind entsprechend den gesetzlichen Vorgaben zu lagern und Ölbindemittel sind zur Vorsorge in ausreichender Menge bereit zu halten. Bautoiletten sind mit dichten Fäkalienbehältern auszustatten. Für Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen gelten die Vorschriften der „Anlagenverordnung wassergefährdende Stoffe (VawS)

Daneben werden die folgenden allgemeinen Minimierungsmaßnahmen geplant:



- Wiederherstellung der nur temporär beanspruchten Lager- und Bauflächen nach Abschluss der Bauarbeiten,
- sachgerechter Umgang mit nicht substituierbaren boden- und wassergefährdenden Stoffen,
- wasserdurchlässige Befestigung (Schotter) der Zuwegungen und der Kranstellplätze,
- unterirdische Verlegung erforderlicher Leitungen mittels Kabelpflug, bei Dränagen im offenen Graben, hier: Trennung von Ober- und Mineralboden bei Aushub und Wiedereinbau,
- getrenntes Abschieben des Oberbodens von den Bauflächen und seine Wiederverwendung,
- Wiederverwendung von nutzbarem Mutterboden.

### 5.3 Ermittlung des Kompensationsbedarfs für verbleibende erhebliche Beeinträchtigungen

#### 5.3.1 Vorbemerkungen

Nachfolgend wird getrennt für die verbleibenden erheblichen Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und des Naturhaushaltes der Kompensationsbedarf ermittelt.

Die Ermittlung des Kompensationsbedarfs für die verbleibenden, erheblichen Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes (Bodenversiegelung und Biotopinanspruchnahme) erfolgt nach dem „Bilanzierungsmodell Thüringen“ (MLNU 2005) (**Kap. 5.3.2**).

#### 5.3.2 Ermittlung des Kompensationsbedarfs für verbleibende erhebliche Beeinträchtigungen des Naturhaushalts

Im Ergebnis der Konfliktanalyse wurde festgestellt, dass neben den erheblichen Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes auch erhebliche Beeinträchtigungen des Naturhaushalts, in Form der im Bereich der Zuwegung, der Kranstellflächen und der Fundamente der WEA entstehenden anlagebedingten Bodenversiegelungen sowie Biotopinanspruchnahme verbleiben werden.

Der Kompensationsbedarf für diese erheblichen Beeinträchtigungen kann unter Anwendung des „Bilanzierungsmodells Thüringen“ (MLNU 2005) ermittelt werden. Dies erfolgt, indem die Biotopwerte der anlagebedingt unmittelbar vom Eingriff betroffenen Flächen (Fundament- und Kranstellflächen, neue Zuwegungen) für den Zustand vor und nach dem voraussichtlichen Eingriff gegenübergestellt werden. Dabei werden die im Bilanzierungsmodell vorgegebenen Wertstufen der Biotoptypen mit den jeweils betroffenen Flächengrößen multipliziert. Aus dem Vergleich der so ermittelten, dimensionslosen Werteinheiten wird die eingriffsbedingte Wertminderung nach dem Eingriff festgestellt. Diese stellt gleichzeitig das

Maß für den erforderlichen Kompensationsumfang dar, der für die geplanten Kompensationsmaßnahmen auf die gleiche Weise zu ermitteln ist.

In der nachfolgenden Übersicht ist die **Ermittlung der biotoptypbezogenen eingriffsbedingten Wertminderung**, nach dem „Bilanzierungsmodell Thüringen“, für das geplante Vorhaben dargestellt. Die von der anlagebedingten Flächeninanspruchnahme betroffenen Biotopflächen sind auch im Plan der Biotop- und Nutzungstypen im Plan 3 des UVP-Berichts dargestellt.

Tabelle 1: Ermittlung des Kompensationsbedarfes für Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes

| Anlagebedingte betroffene Fläche                             | Situation vor dem Eingriff           |                                |            |             | Situation nach dem Eingriff  |                                |            |         |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|------------|-------------|------------------------------|--------------------------------|------------|---------|
|                                                              | Biotoptyp                            | Flächengröße (m <sup>2</sup> ) | Biotopwert | Werteinheit | Biotoptyp                    | Flächengröße (m <sup>2</sup> ) | Biotopwert | Index   |
| Fundamentflächen                                             | Intensiv genutzter Acker (4100)      | 4.088                          | 20         | 81.760      | Bebaute Fläche <sup>2</sup>  | 4.088                          | 0          | 0       |
| Kranstellflächen                                             | Intensiv genutzter Acker (4100)      | 10.936                         | 20         | 218.720     | Schotterfläche, unversiegelt | 10.936                         | 10         | 109.360 |
| Zuwegungen                                                   | Intensiv genutzter Acker (4100)      | 5.943                          | 20         | 118.860     |                              | 5.943                          | 10         | 59.430  |
|                                                              | Feldhecke, überwiegend Büsche (6110) | 57                             | 40         | 2.280       |                              | 57                             | 10         | 570     |
|                                                              | Obstbaumreihe (6372)                 | 120                            | 40         | 4.800       |                              | 120                            | 10         | 1.200   |
| Summe                                                        |                                      | 21.144                         |            | 426.420     |                              | 21.144                         |            | 170.560 |
| <b>Eingriffsbedingte Wertminderung / Kompensationsbedarf</b> |                                      |                                |            |             |                              | <b>255.860</b>                 |            |         |

Die ermittelte, eingriffsbedingte Wertminderung entspricht, z. B. bei Annahme der Entwicklung eines standortgerechten Feldgehölzes (Planwert 40) auf intensiver Ackerfläche (Biotopwert 20) einem **Kompensationsflächenbedarf von ca. 12.793 m<sup>2</sup> bzw. 1,28 ha**.

### 5.3.3 Ermittlung des Kompensationsbedarfs für verbleibende erhebliche Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes

#### Vorbemerkungen

In dem vorliegenden UVP-Bericht wurde festgestellt, dass von dem geplanten Vorhaben zusätzliche erhebliche Auswirkungen auf das Landschaftsbild ausgehen. Grund hierfür ist die wesentliche Erweiterung der bereits vorhandenen Windparkflächen und Anlagen sowie der

<sup>2</sup> Für die insgesamt ca. 4.088 m<sup>2</sup> großen Fundamentflächen wurde im Rahmen der Konflikthanalyse im Kap. 4.3 des UVP-Berichts eine erhebliche Beeinträchtigung des Schutzgutes Boden ausgewiesen, da durch die Abgrabung und die Errichtung der Fundamente die natürliche Horizontabfolge des Bodens dauerhaft verändert bzw. gestört wird. Für das Schutzgut Arten & Biotope wurde keine erhebliche Beeinträchtigung ausgewiesen, da der wesentliche Teil der Fundamentfläche nach dem Bau wieder mit einer dünnen Schotter-Bodenschicht (Schotterrasen) überdeckt wird und sich hier spontan neue Lebensgemeinschaften ansiedeln können. Bei der Bewertung der Fundamentfläche im Planzustand wird die Beeinträchtigung des Bodens in den Vordergrund gestellt und der Biotopwert für bebaute Fläche angesetzt.

bereit beantragten 18 WEA um insgesamt 8 WEA. Durch die Platzierung der neuen WEA nordwestlich bis nördlich des bereits vorhandenen Windparks „Eckolstädt“ sowie der bereits beantragten 18 WEA kommt es zu einer nordwestlichen und geringfügig nördlichen Erweiterung der bisherigen Windparkausdehnung. Daraus ergibt sich eine deutliche zusätzliche Beeinträchtigung des Landschaftsbildes. Trotz der enormen Vorbelastungen des Vorhabensgebietes werden die Auswirkungen auf das Landschaftsbild als erheblicher Eingriff bewertet.

### **Methodik der Kompensationsbedarfsermittlung bzw. der Ersatzzahlung**

Eine Kompensationsbedarfsermittlung, die das Ziel einer Realkompensation der Eingriffe in das Landschaftsbild hat, wird ab 01.12.2023 in Thüringen nicht mehr durchgeführt (siehe **Kap. 1.3**). Durch das TLUBN Jena wird hierfür auf die Anwendung der ThürNatEVO (Erlass des TMLNU vom 2.6.1999 (Az.: 32-65014-8)) verwiesen.

Demnach sind Eingriffe in das Landschaftsbild, die aufgrund der enormen Dimensionen nicht mehr durch reale Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen kompensierbar sind, durch eine Ersatzzahlung auszugleichen. Entsprechend § 3 Abs. 3 ThürNatEVO ist die Höhe der ersatzzahlung nach den Vorgaben der Anlage 2 zu ermitteln (siehe **Kap. 6.2.3**)

## **6 Planung von Kompensationsmaßnahmen und Eingriffsausgleichsbilanzierung**

### **6.1 Kompensationsmaßnahmen für verbleibende erhebliche Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und des Naturhaushaltes**

Der im **Kap. 5.3** dargestellten Kompensationsbedarfsermittlung ist zu entnehmen, dass überwiegend Kompensationsmaßnahmen für die vorhabenbedingt zu erwartenden zusätzlichen erheblichen Beeinträchtigungen des Bodens, von Biotopen sowie des Landschaftsbildes erforderlich sind.

Um das Kompensationserfordernis zu erfüllen, werden deshalb Ausgleichsmaßnahmen geplant, die auf die Stärkung und Verbesserung von Funktionen in den Schutzgütern Boden, Arten & Biotope abzielen.

Mit Bezug auf das Landschaftsbild wird aufgrund des Fehlens rückbaubarer landschaftsbildbeeinträchtigender Bauwerke im Wirkraum des Vorhabens die Ermittlung einer naturschutzrechtliche Ersatzzahlung gemäß § 3 Abs. 3 in Verbindung mit Anlage 2 (ThürNatEVO) erfolgen.

Die exakte Planung von Kompensationsmaßnahmen ist hinsichtlich der Recherche nach verfügbaren Flächen noch nicht abgeschlossen und wird zeitnah nachgereicht.

## 6.2 Maßnahmenkonzeption/Ausgleich

### 6.2.1 Vorbemerkung

Bei der Ermittlung des Kompensationsbedarfs für verbleibende erhebliche Beeinträchtigungen des Naturhaushalts wurden insgesamt 255.860 Wertpunkte errechnet.

Innerhalb des Windfeldes Eckolstädt und seines weiteren Umfeldes können durch die Landeigentümer keine für Ausgleichsmaßnahmen geeigneten Flächen bereitgestellt werden. Die Anfragen bei den Agrargenossenschaften der Region, der Thüringer Landesgesellschaft, dem Thüringenforst sowie der Naturstiftung David ergaben ebenfalls keine Möglichkeiten für die Sicherung von Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen. Deshalb wird für die Kompensation der Beeinträchtigungen des Naturhaushalts eine fiktive Maßnahme vorgeschlagen, für die eine Bürgschaft hinterlegt wird, so dass damit zu einem späteren Zeitpunkt eine reelle Kompensationsmaßnahme realisiert werden kann. Für die Kompensation der Beeinträchtigungen im Landschaftsbild wird eine Ersatzzahlung nach Thüringer Verordnung über die naturschutzfachliche Ausgleichsabgabe (ThürNatEVO 1999) vorgeschlagen.

### 6.2.2 Kompensation der Beeinträchtigungen im Naturhaushalt

Für den Ausgleich des Kompensationsbedarfs von insgesamt 255.860 Wertpunkten wird für jede WEA folgende fiktive Maßnahme vorgeschlagen:

#### **Entsiegelung einer versiegelten Fläche und Entwicklung extensiv genutzten Grünlandes**

### 6.2.3 Kompensation der Beeinträchtigungen im Landschaftsbild

Die Kompensation der Eingriffe in das Landschaftsbild erfolgt über eine Ausgleichsabgabe gemäß Anlage 2 ThürNatEVO.

Die zusätzliche Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch die Planung wird als mittel bewertet. Der Raum ist stark durch die bereits vorhandenen WEA des Windfeldes Eckolstädt vorbelastet. Aufgrund dessen werden 75 EURO je Meter Turmhöhe (Nabenhöhe) in Ansatz gebracht. Die Ausgleichsabgabe beträgt für die Gesamtplanung 97.200 EURO (siehe Tabelle 2:).

Tabelle 2: Berechnung der Ausgleichsabgabe für das Landschaftsbild

| Geplante WEA | Nabenhöhe [m] | Ausgleichsabgabe [€/m] | Ausgleich/WEA [€] |
|--------------|---------------|------------------------|-------------------|
| WEA F1       | 162           | 75,00                  | <b>12.150,00</b>  |
| WEA F2       | 162           | 75,00                  | <b>12.150,00</b>  |
| WEA N3       | 162           | 75,00                  | <b>12.150,00</b>  |
| WEA N4       | 162           | 75,00                  | <b>12.150,00</b>  |
| WEA N5       | 162           | 75,00                  | <b>12.150,00</b>  |
| WEA N6       | 162           | 75,00                  | <b>12.150,00</b>  |
| WEA O1       | 162           | 75,00                  | <b>12.150,00</b>  |
| WEA S2       | 162           | 75,00                  | <b>12.150,00</b>  |
| <b>Summe</b> |               |                        | <b>97.200,00</b>  |

## 7 Quellen

- BREUER, W. (2001): Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes – Vorschläge für Maßnahmen bei Errichtung von Windkraftanlagen, veröffentlicht in Naturschutz und Landschaftsplanung Heft 8/2001.
- KÖPPEL, J. et al. (1998): Praxis der Eingriffsregelung. 1. Aufl., 397 S., Stuttgart: Ulmer.
- LUA NRW (2002): Sachinformation Optische Immissionen von Windenergieanlagen. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW (1999): Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft.
- NOHL, W. (1993): Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe, Materialien für die naturschutzfachliche Bewertung und Kompensationsermittlung. Geänderte Fassung, Kirchheim.
- PIEGSA G. & WERNIG R. (2000): Veränderung von Landschaftsbildern durch Windenergieanlagen. - Natur und Landschaft, 75. Jg., Heft 2.
- SCHWAHN, C. (2000): Zur landschaftspflegerischen Begleitplanung für Windenergieanlagen im Mittelgebirgsraum. - Natur und Landschaft, 75. Jg., Heft 2.
- THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2017): Avifaunistischer Fachbeitrag zur Genehmigung von Windenergieanlagen (WEA) in Thüringen. Abteilung 3 Naturschutz, Referat 31 Zoologischer Artenschutz – Vogelschutzwarte Seebach, Stand: 30.08.2017.
- ThürNatEVO (1999): Thüringer Verordnung über die naturschutzrechtliche Ersatzzahlung. 17.03.1999, zuletzt geändert durch Artikel 14 des Gesetzes vom 30.07.2019 (GVBl. S. 323, 343).
- TMLNU (2005): Die Eingriffsregelung in Thüringen-Bilanzierungsmodell. Erfurt, August 2005.