

17.1 Sonstige Unterlagen

Als Anlage beigefügt:

- Turbulenzgutachten
- LBP Bericht

Anlagen:

- 240206_I17-SE-2021-330_Rev.02_Eckolstädt.pdf
- Eckol_LBP_24_end.pdf



Gutachten zur Standorteignung von Windenergieanlagen
nach DIBt 2012 für den Windpark Eckolstädt

Deutschland

Bericht-Nr.: I17-SE-2021-330 Rev.02



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

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

Bericht-Nr.: I17-SE-2021-330 Rev.02

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
25813 Husum
Tel.: 04841 – 87596 – 0
E-Mail: mail@i17-wind.de
Internet: www.i17-wind.de

Datum: 07. Februar 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 λ 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	09.09.2021	Erste Ausgabe – Entwurfsbericht zur Lastrechnung	Zierner
1	01.08.2022	Aktualisierung des Windparklayouts	Köhler
2	06.02.2024	Aktualisierung des Windparklayouts	Röglin

Verfasser:

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

Husum, 06.02.2024



Geprüft:

M. Ed. Florian Clausen, Sachverständiger

Husum, 07.02.2024



Freigegeben:

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

Husum, 07.02.2024



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	Nachweis der Standorteignung an topografisch nicht komplexen Standorten durch Vergleich der Windbedingungen.....	8
1.2.2	Nachweis der Standorteignung an topografisch komplexen Standorten durch Vergleich der Windbedingungen.....	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.....	11
2	Aufgabenstellung und Standort	12
2.1	Umfang des Gutachtens	12
2.2	Standortbeschreibung.....	12
2.3	Auslegungswindbedingungen der geplanten WEA	12
3	Vergleich der Windbedingungen.....	16
3.1	Grundlagen.....	16
3.2	Vergleich v_{ave} und v_{m50}	17
3.2.1	Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit v_{ave}	17
3.2.2	Vergleich der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit v_{m50}	17
3.3	Vergleich der effektiven Turbulenzintensität I_{eff}	18
3.3.1	Auslegungswindbedingungen hinsichtlich der Turbulenzintensität	18
3.3.2	Ermittlung der Umgebungsturbulenzintensität	20
3.3.3	Ermittlung der effektiven Turbulenzintensität I_{eff}	22
3.4	Schräganströmung δ	32
3.5	Höhenexponent α	32
3.6	Luftdichte ρ	33
3.7	Extreme Turbulenzintensität I_{ext}	34
4	Zusammenfassung.....	36
4.1	Neu geplante WEA	36
4.2	Bestehende WEA.....	38
5	Standortbesichtigung	40
	Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....	41
	Literaturverzeichnis.....	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Zu untersuchende Windparkkonfiguration; Kartenmaterial: [19.1, 19.2]..... 15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Zu untersuchende Windparkkonfiguration	13
Tabelle 2.2: Auslegungswindbedingungen der neu geplanten WEA	14
Tabelle 3.1: Windverhältnisse am Standort [22.1].....	16
Tabelle 3.2: Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit v_{ave} auf Nabenhöhe der geplanten WEA..	17
Tabelle 3.3: Vergleich der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit v_{m50} auf Nabenhöhe der geplanten WEA	18
Tabelle 3.4: Richtlinienabhängige Auslegungswindbedingungen hinsichtlich der Turbulenzintensität	19
Tabelle 3.5: Komplexitätskriterien und C_{CT} nach DIN EN IEC 61400-1:2019 [6].....	21
Tabelle 3.6: Repräsentative Turbulenzintensität für einen Standort.....	22
Tabelle 3.7: Berücksichtigte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W61.....	24
Tabelle 3.8: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten I_{eff} (vor Zubau)	25
Tabelle 3.9: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten I_{eff} (nach Zubau) – Teil 1	26
Tabelle 3.10: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten I_{eff} (nach Zubau) – Teil 2	27
Tabelle 3.11: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten I_{eff} (nach Zubau) – Teil 3	28
Tabelle 3.12: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten I_{eff} (nach Zubau) – Teil 4	29
Tabelle 3.13: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W1.....	30
Tabelle 3.14: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W5.....	30
Tabelle 3.15: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W6.....	30
Tabelle 3.16: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W7.....	30
Tabelle 3.17: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W8.....	30
Tabelle 3.18: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W9.....	30
Tabelle 3.19: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W11	30
Tabelle 3.20: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W32	31
Tabelle 3.21: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W53	31
Tabelle 3.22 Standortmittelwert der Schräganströmung δ_{NH} der neu geplanten WEA – Teil 1	32
Tabelle 3.23 Standortmittelwert der Schräganströmung δ_{NH} der neu geplanten WEA – Teil 2	32
Tabelle 3.24 Standortmittelwert des Höhenexponenten α_{NH} der neu geplanten WEA – Teil 1	32
Tabelle 3.25 Standortmittelwert des Höhenexponenten α_{NH} der neu geplanten WEA – Teil 2	32
Tabelle 3.26: Standortmittelwert der Luftdichte ρ_{NH} der neu geplanten WEA.....	33
Tabelle 3.27: Ermittelte extreme Turbulenzintensitäten $I_{ext, NH}$	35
Tabelle 4.1: Zusammenfassung der Ergebnisse geplante WEA.....	37
Tabelle 4.2: Zusammenfassung der Ergebnisse Bestands-WEA.....	39

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_{eff} , welche durch einen Zubau erhöht werden kann.

1.2.1 Nachweis der Standorteignung an topografisch nicht komplexen Standorten durch Vergleich der Windbedingungen

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 Nachweis der Standorteignung an topografisch komplexen Standorten durch Vergleich der Windbedingungen

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 δ 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 α 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 ρ darf bei allen Windgeschwindigkeiten größer gleich der Nennwindgeschwindigkeit v_r den Wert 1.225 kg/m^3 oder den in der Typenprüfung angegebenen Wert nicht überschreiten. Alternativ kann eine Luftdichte über dem Wert von 1.225 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 τ_{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.
- 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_{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 ρ 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 Hersteller 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 λ , 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 ± 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 achtzehn WEA des Anlagenherstellers ENERCON am Standort Eckolstädt 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 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 vorgegeben Windparklayout ergibt sich der geringste relative Abstand s einer neu geplanten WEA zu einer anderen WEA von 1.56, bezogen auf den größeren Rotordurchmesser D . Dies betrifft die WEA W1 und W61.

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 ¹ [m]	D [m]	Betriebsmodus	FEH [m]	P _N [kW]	Prüfgrundlage DIBt	TK	Auslegungslebensdauer τ _{TP} [a]	m _{max, TP} [-]
				Komplex	Kategorie	X [m]	Y [m]											
W1	E1	Neu	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
W3	K1	Neu	Ja	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
W4	K2	Neu	Ja	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
W5	K3	Neu	Ja	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
W6	M2	Neu	Ja	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
W7	M3	Neu	Ja	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
W8	M4	Neu	Ja	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
W9	M5	Neu	Ja	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
W10	M6	Neu	Ja	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
W11	N1	Neu	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
W12	N2	Neu	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
W13	N7	Neu	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
W14	N8	Neu	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
W15	S1	Neu	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
W16	S3	Neu	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
W19	W1	Neu	Ja	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
W20	W2	Neu	Ja	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
W21	W3	Neu	Ja	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
W22	E53 531489	Bestand	Ja	Nein	-	683506	5657471	Enercon	E-53 / 800 kW	73.0	52.9	BM 0 s	0.0	800	2004	A	20	10
W23	E82 825366	Bestand	Ja	Nein	-	685738	5659006	Enercon	E-82 E2 / 2.300 kW	138.0	82.0	BM 0 s	0.0	2300	2004	A	20	10
W24	E82 825365	Bestand	Ja	Nein	-	685743	5658696	Enercon	E-82 E2 / 2.300 kW	138.0	82.0	BM 0 s	0.0	2300	2004	A	20	10
W25	E82 825817	Bestand	Ja	Nein	-	683478	5656445	Enercon	E-82 E2 / 2.300 kW	98.0	82.0	BM 0 s	0.0	2300	2004	A	20	10
W26	E82 825815	Bestand	Ja	Nein	-	683756	5656855	Enercon	E-82 E2 / 2.300 kW	98.0	82.0	BM 0 s	0.0	2300	2004	A	20	10
W27	E82 825816	Bestand	Ja	Nein	-	683400	5656756	Enercon	E-82 E2 / 2.300 kW	98.0	82.0	BM 0 s	0.0	2300	2004	A	20	10
W28	WEA 47364	Bestand	Ja	Nein	-	683727	5657298	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	90.0	Mode 0	0.0	2000	2004	A	20	10
W29	WEA 47365	Bestand	Ja	Nein	-	683290	5657599	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	90.0	Mode 0	0.0	2000	2004	A	20	10
W30	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
W31	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
W32	WEA 47371	Bestand	Ja	Nein	-	684397	5659219	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	90.0	Mode 0	0.0	2000	2004	A	20	10
W33	WEA 47370	Bestand	Ja	Nein	-	684653	5659510	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	90.0	Mode 0	0.0	2000	2004	A	20	10
W34	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
W35	WEA 47373	Bestand	Ja	Nein	-	685129	5659364	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	90.0	Mode 0	0.0	2000	2004	A	20	10
W36	WEA 47374	Bestand	Ja	Nein	-	685242	5659025	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	90.0	Mode 0	0.0	2000	2004	A	20	10
W37	WEA 47375	Bestand	Ja	Nein	-	685274	5658682	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	90.0	Mode 0	0.0	2000	2004	A	20	10
W38	WEA 47876	Bestand	Ja	Nein	-	685308	5658375	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	90.0	Mode 0	0.0	2000	2004	A	20	10
W39	WEA 47369	Bestand	Ja	Nein	-	684466	5658734	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	90.0	Mode 0	0.0	2000	2004	A	20	10
W40	WEA 47368	Bestand	Ja	Nein	-	684577	5658280	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	90.0	Mode 0	0.0	2000	2004	A	20	10
W41	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
W42	mdp Eckolstädt - 2	Bestand	Ja	Nein	-	685701	5659302	Enercon	E-82 E2 / 2.300 kW	138.0	82.0	BM 0 s	0.0	2300	2004	A	20	10

¹ 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 ¹ [m]	D [m]	Betriebsmodus	FEH [m]	P _N [kW]	Prüfgrundlage DIBt	TK	Auslegungslebensdauer τ _{TP} [a]	m _{max, TP} [-]
				Komplex	Kategorie	X [m]	Y [m]											
W43	WW	Bestand	Nein	-	-	681411	5656808	Wind World	W4200/600	50.0	42.0	Standard	0.0	600	2004 ²	A	20	10
W44	WRM3	Bestand	Nein	-	-	681167	5656784	Vestas	V44-600 kW	65.0	44.0	Mode 0	0.0	600	2004 ²	A	20	10
W45	WRM5	Bestand	Nein	-	-	680943	5656609	Vestas	V44-600 kW	65.0	44.0	Mode 0	0.0	600	2004 ²	A	20	10
W46	E40 40991	Bestand	Ja	Nein	-	683891	5657136	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	40.3	BM 0	0.0	500	2004 ²	A	20	10
W47	E40 40989	Bestand	Ja	Nein	-	683397	5657087	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	40.3	BM 0	0.0	500	2004 ²	A	20	10
W48	E40 40988	Bestand	Ja	Nein	-	683431	5656923	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	40.3	BM 0	0.0	500	2004 ²	A	20	10
W49	E40 40963	Bestand	Ja	Nein	-	683994	5656772	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	40.3	BM 0	0.0	500	2004 ²	A	20	10
W50	E40 40962	Bestand	Ja	Nein	-	684052	5656572	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	40.3	BM 0	0.0	500	2004 ²	A	20	10
W51	E40 40965	Bestand	Ja	Nein	-	684101	5656321	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	40.3	BM 0	0.0	500	2004 ²	A	20	10
W52	E70 70810	Bestand	Ja	Nein	-	683327	5657283	Enercon	E-66 / 18.70	85.0	70.0	BM 0	0.0	1800	2004 ²	A	20	10
W53	E70 70809	Bestand	Ja	Nein	-	683728	5656518	Enercon	E-66 / 18.70	85.0	70.0	BM 0	0.0	1800	2004 ²	A	20	10
W54	E40 40961	Bestand	Ja	Nein	-	684479	5656399	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	40.3	BM 0	0.0	500	2004 ²	A	20	10
W55	E40 40960	Bestand	Ja	Nein	-	684399	5656609	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	40.3	BM 0	0.0	500	2004 ²	A	20	10
W56	222377-1	Bestand	Ja	Nein	-	683660	5657679	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	112.0	3.45-MW-LM	0.0	3450	2012	A	20	10
W57	222378-2	Bestand	Ja	Nein	-	683787	5657960	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	112.0	3.45-MW-LM	0.0	3450	2012	A	20	10
W58	222379-3	Bestand	Ja	Nein	-	683994	5658276	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	112.0	3.45-MW-LM	0.0	3450	2012	A	20	10
W59	222380-4	Bestand	Ja	Nein	-	684138	5658605	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	112.0	3.45-MW-LM	0.0	3450	2012	A	20	10
W60	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
W61	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
W62	222383-7	Bestand	Ja	Nein	-	684760	5659051	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	112.0	3.45-MW-LM	0.0	3450	2012	A	20	10
W63	222384-8	Bestand	Ja	Nein	-	684836	5658712	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	112.0	3.45-MW-LM	0.0	3450	2012	A	20	10
W64	222385-9	Bestand	Ja	Nein	-	684953	5658339	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	112.0	3.45-MW-LM	0.0	3450	2012	A	20	10
W65	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
W66	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
W67	Rep 13	Bestand	Ja	Nein	-	684424	5658472	Vestas	V117-3.45 MW	114.5	117.0	3.45-MW-LM	0.0	3450	2012	A	20	10
W68	REP11	Bestand	Ja	Nein	-	685514	5658526	Vestas	V117-3.45 MW	94.0	117.0	3.45-MW-LM	0.0	3450	2012	A	20	10

Tabelle 2.2: Auslegungswindbedingungen der neu geplanten WEA

Interne W-Nr.	Prüfgrundlage	WZ	GK	v _{ave, TP} [m/s]	k _{TP} [-]	v _{m50, TP} [m/s]	TK	δ _{TP} [°]	α _{TP} [-]	ρ _{TP} [kg/m ³]	Auslegungslebensdauer τ _{TP} [a]	Quelle
W1, W3 – W11, W13, W14, W16, W19 - W21	DIBt 2012	S	S	8.50	2.0	37.50	B	8.0	0.2	1.225	25	[24.1] [24.2]
W12 & W15	DIBt 2012	2	II	7.71	2.0	38.96	A	8.0	0.2	1.225	25	[24.3]

² 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.

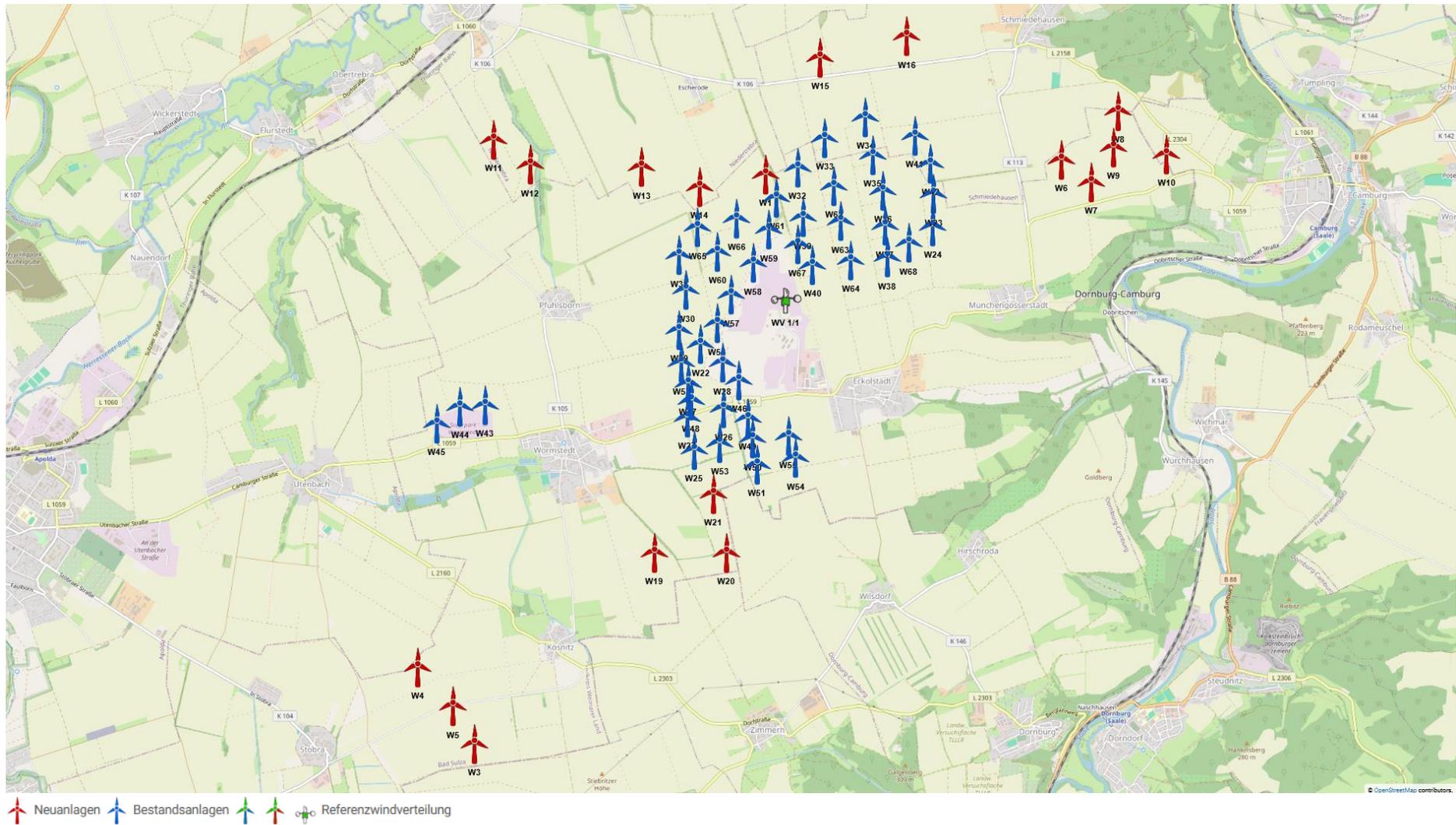


Abbildung 2.1: Zu untersuchende Windparkkonfiguration; Kartenmaterial: [19.1, 19.2]

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 α . 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.

Tabelle 3.1: Windverhältnisse am Standort [22.1]

UTM ETRS89 Zone 32			A [m/s]	k [-]	p [%]	v _{ave} [m/s]
X [m]	Y [m]	h _{wv} [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			7.81	2.10	100.00	6.92

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 $k_{TP} = 2$: $v_{ave, NH} / v_{ave, TP}$ [-]	Wenn $k_{TP} \neq 2$: $pdf_{NH} \leq pdf_{TP}$	Nachweis möglich (gemäß 1.2.1)	Lastvergleich erforderlich (gemäß 1.2.3)
W1, W3 – W11, W13, W14, W16, W19 – W21	6.92	8.50	2.10	2.00	0.81	-	Ja	Nein
W12 & W15	6.86	7.71	2.10	2.00	0.89	-	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 Übergangsgebieten 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 _{TP}	GK _{TP}	$v_{m50, TP}$ [m/s]	WZ _{NH}	GK _{NH}	$v_{m50, NH}$ [1.1] [m/s]	$v_{m50, NH}$ [22.2] [m/s]	Nachweis möglich (gemäß 1.2.1)	Lastvergleich erforderlich (gemäß 1.2.3)
W1, W3 – W11, W13, W14, W16, W19 - W21	S	S	37.50	2	II	39.21	35.68	Ja	Nein
W12 & W15	2	II	38.96	2	II	38.96	-	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 _{hub} [m/s]	DIBt 1993 [3]	DIBt 2004 [2]	DIBt 2012 [1.1] DIN EN IEC 61400-1:2019 [6]				S [-]
	Konstanter Mittelwert	NTM A [8] [-]	NTM A+ [6] [-]	NTM A [5, 6, 7] [-]	NTM B [5, 6, 7] [-]	NTM C [5, 6, 7] [-]	
2		0.570	0.639	0.568	0.497	0.426	-
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 σ 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 σ_σ [4, 8] und I_{rep} durch Addition der 1.28fachen Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität σ_σ [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 σ_σ unterstellt, die ebenfalls dem NTM Verlauf folgt [15]. Die Werte für die Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität σ_σ sind so gewählt, dass die Summe aus der Referenzsturbulenzintensität nach NTM und dem 1fachen σ_σ 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						
$10 z_{hub}$							
$20 z_{hub}$							
		Kategorie					
	L	M			H		
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: W1	NH: 166.6 m	I_{rep} [-]
Sektor	Windrichtung [°]	
N	0	0.118
NNO	30	0.118
ONO	60	0.116
O	90	0.111
OSO	120	0.120
SSO	150	0.129
S	180	0.132
SSW	210	0.122
WSW	240	0.112
W	270	0.106
WNW	300	0.107
NNW	330	0.121

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 σ_σ 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 λ 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 λ 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.

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 sektorielle Betriebsbeschränkungen (WSM)

Bei der Berechnung der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} können sektorielle 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. Die ausgewiesenen Alternativen stellen einen Vorschlag dar, werden aber nicht in der Berechnung der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} berücksichtigt. Soll eine ausgewiesene Alternative berücksichtigt werden, erfordert dies eine neue Bewertung hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} .

Aufgrund des geringen Abstands zwischen einzelner Neuanlagen und Bestandsanlagen von unter $2.0 D$ sind die folgenden sektoriellen Abschaltungen notwendig und werden bei der Ermittlung der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} berücksichtigt.

Tabelle 3.7: Berücksichtigte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W61

WEA	Start WSM [°]	Ende WSM [°]	Betriebsmodus	Windgeschwindigkeitsbereich [m/s]
W1	303	5	Abschaltung	Alle
Alternativ: W61	303	5	Abschaltung	Alle

3.3.3.3 Ergebnis

Die folgende Tabelle 3.8 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 3.9 bis Tabelle 3.12 stellen die ermittelten effektiven Turbulenzintensitäten nach Zubau der geplanten WEA in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit und unter Berücksichtigung der in Abschnitt 3.3.3.2 ausgewiesenen sektoriellen Betriebsbeschränkungen 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 3.8: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten I_{eff} (vor Zubau)

v_{hub}	W22[A]	W24[A]	W38[A]	W39[A]	W40[A]	W46[A]	W48[A]	W49[A]	W56[A]	W57[A]	W59[A]	W61[A]	W68[A]	Referenz Klasse A
3	0.383	0.341	-	-	-	0.349	0.502	0.357	0.354	0.363	0.390	0.364	0.352	0.419
4	0.345	0.300	0.330	0.357	0.350	0.310	0.439	0.310	0.317	0.318	0.342	0.322	0.316	0.344
5	0.310	0.274	0.297	0.321	0.310	0.286	0.406	0.282	0.286	0.287	0.307	0.291	0.293	0.299
6	0.282	0.256	0.272	0.298	0.282	0.264	0.383	0.265	0.264	0.266	0.283	0.269	0.271	0.269
7	0.258	0.239	0.246	0.277	0.256	0.248	0.365	0.251	0.247	0.247	0.264	0.251	0.256	0.248
8	0.240	0.228	0.227	0.261	0.234	0.234	0.347	0.239	0.234	0.234	0.252	0.239	0.243	0.232
9	0.227	0.225	0.216	0.253	0.220	0.225	0.337	0.232	0.226	0.228	0.247	0.234	0.233	0.220
10	0.214	0.220	0.204	0.243	0.205	0.216	0.327	0.224	0.210	0.222	0.230	0.224	0.220	0.210
11	0.202	0.202	0.182	0.215	0.176	0.209	0.317	0.218	0.177	0.203	0.205	0.203	0.203	0.201
12	0.196	0.180	0.162	0.188	0.151	0.180	0.257	0.186	0.159	0.183	0.181	0.182	0.183	0.195
13	0.164	0.163	0.147	0.168	0.137	0.159	0.210	0.160	0.148	0.166	0.165	0.166	0.166	0.189
14	0.151	0.150	0.137	0.155	0.129	0.148	0.186	0.148	0.140	0.154	0.153	0.154	0.155	0.184
15	0.141	0.140	0.130	0.145	0.124	0.140	0.171	0.140	0.135	0.145	0.144	0.145	0.146	0.180
16	0.135	0.133	0.125	0.137	0.120	0.135	0.158	0.134	0.130	0.138	0.137	0.138	0.139	0.176
17	0.129	0.127	0.121	0.131	0.117	0.130	0.148	0.129	0.126	0.132	0.132	0.133	0.134	0.173
18	0.125	0.122	0.117	0.126	0.115	0.126	0.140	0.125	0.123	0.128	0.127	0.129	0.130	0.170
19	0.122	0.118	0.115	0.122	0.113	0.123	0.134	0.122	0.120	0.124	0.123	0.125	0.126	0.167
20	0.119	0.115	0.112	0.119	0.111	0.120	0.129	0.119	0.118	0.121	0.120	0.121	0.123	0.165
21	0.117	0.113	0.111	0.116	0.110	0.118	0.126	0.117	0.116	0.119	0.118	0.119	0.121	0.163
22	0.115	0.111	0.109	0.114	0.109	0.116	0.122	0.116	0.114	0.117	0.116	0.117	0.119	0.161
23	0.113	0.109	0.108	0.112	0.108	0.115	0.119	0.114	0.113	0.115	0.114	0.115	0.117	0.159
24	0.112	0.107	0.107	0.111	0.107	0.113	0.117	0.113	0.112	0.114	0.113	0.113	0.116	0.157
25	0.110	0.106	0.106	0.109	0.106	0.112	0.114	0.112	0.111	0.112	0.112	0.112	0.114	0.156

Tabelle 3.9: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten I_{eff} (nach Zubau) – Teil 1

v_{hub}	W1[B]	W3[B]	W4[B]	W5[B]	W6[B]	W7[B]	W8[B]	W9[B]	W10[B]	W11[B]	W12[A]	W13[B]	W14[B]	W15[A]	W16[B]	Referenz Klasse B	Referenz Klasse A
3	0.378	0.328	0.323	0.359	0.371	0.383	0.385	0.395	0.309	0.343	0.322	0.295	0.325	0.283	0.279	0.366	0.419
4	0.336	0.276	0.270	0.303	0.315	0.327	0.330	0.337	0.260	0.317	0.273	0.246	0.279	0.237	0.234	0.301	0.344
5	0.303	0.236	0.231	0.259	0.268	0.279	0.285	0.289	0.226	0.263	0.234	0.212	0.247	0.206	0.203	0.262	0.299
6	0.278	0.212	0.205	0.231	0.238	0.251	0.258	0.260	0.204	0.230	0.211	0.190	0.225	0.185	0.183	0.236	0.269
7	0.254	0.192	0.185	0.209	0.214	0.227	0.237	0.237	0.188	0.202	0.193	0.172	0.207	0.170	0.169	0.217	0.248
8	0.238	0.173	0.166	0.186	0.188	0.202	0.214	0.213	0.173	0.175	0.174	0.158	0.193	0.157	0.157	0.203	0.232
9	0.229	0.162	0.155	0.174	0.174	0.190	0.206	0.203	0.165	0.157	0.165	0.148	0.185	0.148	0.148	0.192	0.220
10	0.219	0.151	0.144	0.161	0.158	0.175	0.193	0.190	0.156	0.144	0.154	0.139	0.176	0.140	0.141	0.183	0.210
11	0.196	0.141	0.135	0.149	0.144	0.161	0.181	0.178	0.148	0.133	0.144	0.132	0.161	0.133	0.135	0.176	0.201
12	0.173	0.133	0.129	0.138	0.133	0.148	0.167	0.165	0.140	0.126	0.135	0.127	0.147	0.127	0.129	0.170	0.195
13	0.155	0.127	0.124	0.130	0.126	0.137	0.155	0.155	0.133	0.121	0.128	0.122	0.137	0.123	0.124	0.165	0.189
14	0.142	0.122	0.121	0.124	0.121	0.129	0.145	0.145	0.128	0.118	0.122	0.118	0.129	0.119	0.120	0.161	0.184
15	0.133	0.119	0.118	0.120	0.118	0.123	0.137	0.138	0.123	0.115	0.118	0.115	0.123	0.116	0.117	0.157	0.180
16	0.127	0.116	0.115	0.117	0.115	0.119	0.131	0.132	0.120	0.113	0.115	0.113	0.119	0.113	0.114	0.154	0.176
17	0.122	0.114	0.113	0.114	0.113	0.116	0.126	0.127	0.117	0.111	0.112	0.111	0.115	0.111	0.112	0.151	0.173
18	0.118	0.112	0.111	0.112	0.112	0.113	0.121	0.123	0.114	0.109	0.110	0.109	0.112	0.109	0.110	0.149	0.170
19	0.114	0.110	0.109	0.110	0.110	0.112	0.119	0.120	0.113	0.107	0.108	0.107	0.110	0.107	0.108	0.146	0.167
20	0.112	0.109	0.107	0.108	0.109	0.110	0.117	0.118	0.111	0.106	0.107	0.106	0.108	0.106	0.107	0.144	0.165
21	0.109	0.107	0.106	0.107	0.108	0.109	0.114	0.116	0.110	0.105	0.105	0.105	0.107	0.105	0.105	0.142	0.163
22	0.107	0.106	0.105	0.106	0.107	0.108	0.112	0.113	0.108	0.103	0.104	0.104	0.105	0.104	0.104	0.141	0.161
23	0.106	0.105	0.104	0.105	0.106	0.107	0.110	0.111	0.107	0.102	0.103	0.103	0.104	0.103	0.103	0.139	0.159
24	0.104	0.104	0.103	0.104	0.105	0.106	0.108	0.109	0.107	0.102	0.102	0.102	0.103	0.102	0.102	0.138	0.157
25	0.103	0.104	0.102	0.103	0.105	0.105	0.106	0.106	0.106	0.101	0.101	0.101	0.102	0.101	0.102	0.136	0.156

Tabelle 3.12: Ermittelte effektive Turbulenzintensitäten I_{eff} (nach Zubau) – Teil 4

v_{hub}	W53[A]	W54[A]	W55[A]	W56[A]	W57[A]	W58[A]	W59[A]	W60[A]	W61[A]	W62[A]	W63[A]	W64[A]	W65[A]	W66[S]	W67[A]	W68[A]	Referenz Klasse A	Referenz Klasse S
3	0.367	0.312	0.315	0.354	0.363	0.358	0.390	0.374	0.364	0.347	0.352	0.326	0.388	0.364	0.336	0.352	0.419	0.390
4	0.315	0.260	0.265	0.317	0.318	0.310	0.342	0.328	0.322	0.302	0.305	0.282	0.337	0.313	0.316	0.316	0.344	0.360
5	0.285	0.227	0.233	0.286	0.287	0.277	0.307	0.292	0.291	0.270	0.272	0.253	0.297	0.277	0.292	0.293	0.299	0.334
6	0.267	0.205	0.212	0.264	0.266	0.254	0.283	0.266	0.270	0.246	0.247	0.229	0.269	0.253	0.266	0.271	0.269	0.307
7	0.253	0.187	0.193	0.247	0.247	0.234	0.264	0.243	0.251	0.227	0.227	0.211	0.245	0.232	0.245	0.256	0.248	0.284
8	0.241	0.173	0.178	0.234	0.234	0.220	0.252	0.225	0.239	0.212	0.212	0.197	0.227	0.217	0.227	0.243	0.232	0.265
9	0.235	0.164	0.167	0.226	0.228	0.213	0.247	0.213	0.234	0.203	0.202	0.187	0.214	0.210	0.215	0.233	0.220	0.252
10	0.229	0.156	0.159	0.210	0.222	0.205	0.230	0.197	0.224	0.194	0.192	0.176	0.198	0.203	0.202	0.220	0.210	0.229
11	0.223	0.150	0.152	0.177	0.203	0.188	0.205	0.177	0.203	0.178	0.177	0.163	0.179	0.187	0.184	0.203	0.201	0.207
12	0.189	0.143	0.145	0.159	0.183	0.171	0.181	0.160	0.183	0.162	0.161	0.151	0.162	0.170	0.165	0.183	0.195	0.187
13	0.163	0.138	0.140	0.148	0.166	0.157	0.165	0.148	0.166	0.150	0.150	0.142	0.149	0.156	0.150	0.166	0.189	0.169
14	0.150	0.134	0.135	0.140	0.154	0.147	0.153	0.139	0.154	0.142	0.142	0.136	0.140	0.145	0.140	0.155	0.184	0.160
15	0.141	0.130	0.131	0.135	0.145	0.140	0.144	0.133	0.146	0.135	0.136	0.131	0.134	0.137	0.133	0.146	0.180	0.154
16	0.134	0.127	0.127	0.130	0.138	0.134	0.137	0.128	0.139	0.130	0.131	0.127	0.129	0.131	0.128	0.139	0.176	0.149
17	0.128	0.124	0.124	0.126	0.132	0.129	0.132	0.124	0.133	0.126	0.127	0.124	0.125	0.127	0.124	0.134	0.173	0.145
18	0.124	0.122	0.121	0.123	0.128	0.125	0.127	0.121	0.129	0.123	0.124	0.121	0.122	0.123	0.121	0.130	0.170	0.142
19	0.121	0.120	0.119	0.120	0.124	0.122	0.123	0.119	0.125	0.121	0.122	0.119	0.119	0.119	0.118	0.126	0.167	0.139
20	0.118	0.118	0.118	0.118	0.121	0.119	0.120	0.117	0.121	0.118	0.119	0.117	0.117	0.117	0.116	0.123	0.165	0.137
21	0.115	0.117	0.116	0.116	0.119	0.117	0.118	0.115	0.119	0.117	0.117	0.116	0.115	0.114	0.114	0.121	0.163	0.137
22	0.113	0.115	0.115	0.114	0.117	0.116	0.116	0.113	0.117	0.115	0.116	0.114	0.114	0.113	0.113	0.119	0.161	0.135
23	0.111	0.114	0.114	0.113	0.115	0.114	0.114	0.112	0.115	0.114	0.115	0.113	0.112	0.111	0.111	0.117	0.159	0.133
24	0.110	0.113	0.113	0.112	0.114	0.113	0.113	0.111	0.113	0.112	0.113	0.112	0.111	0.109	0.110	0.116	0.157	0.131
25	0.108	0.112	0.112	0.111	0.112	0.111	0.112	0.110	0.112	0.112	0.112	0.111	0.110	0.108	0.109	0.114	0.156	0.130

3.3.3.4 Geforderte sektorielle Betriebsbeschränkungen (WSM)

Um die Überschreitungen hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensität an betroffenen WEA zu verhindern bzw. nicht weiter zu erhöhen, sind die folgenden sektoriellen Betriebsbeschränkungen notwendig.

Tabelle 3.13: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W1

WEA	Start WSM [°]	Ende WSM [°]	Betriebsmodus	Windgeschwindigkeitsbereich [m/s]
W1	123	185	Abschaltung	$v_{in} - 12.5$

Tabelle 3.14: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W5

WEA	Start WSM [°]	Ende WSM [°]	Betriebsmodus	Windgeschwindigkeitsbereich [m/s]
W5	122	174	Abschaltung	3.5 – 4.5

Tabelle 3.15: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W6

WEA	Start WSM [°]	Ende WSM [°]	Betriebsmodus	Windgeschwindigkeitsbereich [m/s]
W6	96	154	Abschaltung	$v_{in} - 6.5$

Tabelle 3.16: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W7

WEA	Start WSM [°]	Ende WSM [°]	Betriebsmodus	Windgeschwindigkeitsbereich [m/s]
W7	276	334	Abschaltung	$v_{in} - 7.5$

Tabelle 3.17: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W8

WEA	Start WSM [°]	Ende WSM [°]	Betriebsmodus	Windgeschwindigkeitsbereich [m/s]
W8	157	215	Abschaltung	$v_{in} - 11.5$

Tabelle 3.18: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W9

WEA	Start WSM [°]	Ende WSM [°]	Betriebsmodus	Windgeschwindigkeitsbereich [m/s]
W9	184	238	Abschaltung	$v_{in} - 11.5$
W8	337	35	Abschaltung	$v_{in} - 7.5$

Tabelle 3.19: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W11

WEA	Start WSM [°]	Ende WSM [°]	Betriebsmodus	Windgeschwindigkeitsbereich [m/s]
W11	98	146	Abschaltung	3.5 – 5.5

Tabelle 3.20: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W32

WEA	Start WSM [°]	Ende WSM [°]	Betriebsmodus	Windgeschwindigkeitsbereich [m/s]
W1	231	281	OML 1s	5.5 – 7.5
W1	231	281	OML 4s	8.5 – 10.5
Alternativ: W32	231	281	Abschaltung	5.5 – 7.5
Alternativ: W32	231	281	Abschaltung	8.5 – 10.5

Tabelle 3.21: Geforderte Betriebsbeschränkung zum Schutz von W53

WEA	Start WSM [°]	Ende WSM [°]	Betriebsmodus	Windgeschwindigkeitsbereich [m/s]
W21	169	201	OML 18s	$v_{in} - 8.5$
W21	169	201	OML 30s	11.5 – 16.5
Alternativ: W53	169	201	Abschaltung	$v_{in} - 8.5$
Alternativ: W53	169	201	Abschaltung	11.5 – 16.5

3.4 Schräganströmung δ

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 δ_{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.

Tabelle 3.22 und Tabelle 3.23 stellen die Ergebnisse der ermittelten Schräganströmung δ_{NH} dar.

Tabelle 3.22 Standortmittelwert der Schräganströmung δ_{NH} der neu geplanten WEA – Teil 1

Sektor	δ_{NH} (W1) [°]	δ_{NH} (W3) [°]	δ_{NH} (W4) [°]	δ_{NH} (W5) [°]	δ_{NH} (W6) [°]	δ_{NH} (W7) [°]	δ_{NH} (W8) [°]	δ_{NH} (W9) [°]	δ_{NH} (W10) [°]
Alle	0.2	0.4	0.1	0.0	-0.1	-0.6	0.2	0.2	0.1

Tabelle 3.23 Standortmittelwert der Schräganströmung δ_{NH} der neu geplanten WEA – Teil 2

Sektor	δ_{NH} (W11) [°]	δ_{NH} (W12) [°]	δ_{NH} (W13) [°]	δ_{NH} (W14) [°]	δ_{NH} (W15) [°]	δ_{NH} (W16) [°]	δ_{NH} (W19) [°]	δ_{NH} (W20) [°]	δ_{NH} (W21) [°]
Alle	0.2	-0.2	0.3	0.6	-0.6	-0.4	0.0	0.2	0.6

3.5 Höhenexponent α

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 α_{NH} ist für alle zu betrachtenden Anlagen in einem Bereich von der unteren Blattspitze bis zur oberen Blattspitze zu ermitteln.

Tabelle 3.24 und Tabelle 3.25 stellen die Ergebnisse der Standortmittelwerte des Höhenexponenten α_{NH} dar.

Tabelle 3.24 Standortmittelwert des Höhenexponenten α_{NH} der neu geplanten WEA – Teil 1

Sektor	α_{NH} (W1) [-]	α_{NH} (W3) [-]	α_{NH} (W4) [-]	α_{NH} (W5) [-]	α_{NH} (W6) [-]	α_{NH} (W7) [-]	α_{NH} (W8) [-]	α_{NH} (W9) [-]	α_{NH} (W10) [-]
Alle	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14

Tabelle 3.25 Standortmittelwert des Höhenexponenten α_{NH} der neu geplanten WEA – Teil 2

Sektor	α_{NH} (W11) [-]	α_{NH} (W12) [-]	α_{NH} (W13) [-]	α_{NH} (W14) [-]	α_{NH} (W15) [-]	α_{NH} (W16) [-]	α_{NH} (W19) [-]	α_{NH} (W20) [-]	α_{NH} (W21) [-]
Alle	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14

3.6 Luftdichte ρ

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 ρ_{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 3.26 stellt die Ergebnisse des Standortmittelwertes der Luftdichte ρ_{NH} für jede zu untersuchende WEA dar.

Tabelle 3.26: Standortmittelwert der Luftdichte ρ_{NH} der neu geplanten WEA

Interne W-Nr.	ρ_{NH} [kg/m ³]
W1	1.190
W3	1.187
W4	1.190
W5	1.189
W6	1.193
W7	1.195
W8	1.193
W9	1.194
W10	1.196
W11	1.200
W12	1.199
W13	1.193
W14	1.190
W15	1.197
W16	1.197
W19	1.189
W20	1.187
W21	1.189

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 3.27 stellt die ermittelten extremen Turbulenzintensitäten $I_{ext, NH}$ in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit und unter Berücksichtigung der in Abschnitt 3.3.3.2 ausgewiesenen sektoriellen Betriebsbeschränkungen dar.

Tabelle 3.27: Ermittelte extreme Turbulenzintensitäten $I_{ext, NH}$

v_{hub}	W1	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W19	W20	W21
3	0.471	0.390	0.402	0.441	0.472	0.430	0.477	0.447	0.347	0.435	0.407	0.319	0.379	0.303	0.300	0.362	0.312	0.387
4	0.422	0.332	0.341	0.377	0.405	0.368	0.409	0.383	0.292	0.409	0.347	0.267	0.329	0.263	0.257	0.304	0.256	0.327
5	0.383	0.286	0.294	0.325	0.348	0.316	0.352	0.330	0.252	0.343	0.298	0.235	0.295	0.233	0.227	0.263	0.223	0.282
6	0.354	0.258	0.266	0.294	0.315	0.286	0.319	0.298	0.228	0.305	0.270	0.213	0.271	0.211	0.205	0.238	0.201	0.255
7	0.326	0.235	0.243	0.269	0.288	0.261	0.291	0.272	0.209	0.273	0.246	0.196	0.249	0.195	0.190	0.218	0.185	0.234
8	0.308	0.212	0.221	0.243	0.259	0.235	0.261	0.246	0.191	0.239	0.222	0.184	0.234	0.183	0.178	0.200	0.173	0.213
9	0.301	0.202	0.211	0.232	0.247	0.225	0.250	0.234	0.181	0.218	0.212	0.176	0.227	0.174	0.169	0.190	0.163	0.203
10	0.292	0.189	0.198	0.217	0.231	0.210	0.233	0.219	0.171	0.202	0.198	0.169	0.219	0.165	0.161	0.179	0.156	0.191
11	0.264	0.177	0.186	0.203	0.215	0.196	0.217	0.205	0.161	0.188	0.186	0.159	0.202	0.157	0.153	0.170	0.150	0.180
12	0.234	0.164	0.174	0.188	0.198	0.181	0.200	0.190	0.152	0.174	0.172	0.150	0.184	0.149	0.146	0.161	0.145	0.169
13	0.208	0.153	0.164	0.176	0.184	0.169	0.185	0.177	0.144	0.163	0.161	0.143	0.169	0.143	0.140	0.153	0.141	0.160
14	0.189	0.143	0.155	0.164	0.170	0.158	0.172	0.165	0.137	0.153	0.150	0.137	0.158	0.138	0.135	0.146	0.137	0.152
15	0.175	0.135	0.148	0.156	0.161	0.149	0.162	0.156	0.132	0.145	0.143	0.133	0.149	0.134	0.131	0.141	0.134	0.146
16	0.164	0.129	0.143	0.150	0.153	0.143	0.154	0.150	0.128	0.139	0.137	0.129	0.143	0.130	0.128	0.137	0.131	0.141
17	0.156	0.123	0.137	0.143	0.146	0.136	0.146	0.143	0.123	0.134	0.131	0.126	0.138	0.127	0.125	0.133	0.129	0.136
18	0.149	0.119	0.133	0.138	0.140	0.131	0.140	0.137	0.120	0.130	0.126	0.123	0.133	0.125	0.123	0.130	0.126	0.133
19	0.143	0.116	0.130	0.135	0.136	0.128	0.137	0.134	0.118	0.126	0.123	0.121	0.130	0.123	0.121	0.127	0.124	0.130
20	0.138	0.113	0.128	0.132	0.133	0.125	0.133	0.131	0.116	0.123	0.121	0.119	0.127	0.121	0.119	0.125	0.123	0.128
21	0.134	0.111	0.125	0.129	0.130	0.122	0.130	0.128	0.114	0.120	0.118	0.117	0.124	0.119	0.117	0.123	0.121	0.125
22	0.131	0.108	0.123	0.126	0.126	0.119	0.127	0.125	0.112	0.118	0.115	0.116	0.122	0.117	0.116	0.121	0.120	0.123
23	0.127	0.106	0.120	0.123	0.123	0.116	0.123	0.122	0.110	0.115	0.113	0.114	0.120	0.116	0.114	0.119	0.118	0.121
24	0.125	0.103	0.118	0.121	0.120	0.114	0.120	0.119	0.108	0.113	0.110	0.113	0.118	0.115	0.113	0.117	0.117	0.119
25	0.122	0.100	0.115	0.117	0.116	0.110	0.116	0.116	0.106	0.111	0.107	0.112	0.116	0.113	0.112	0.115	0.116	0.116

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. Bei der Berechnung der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} wurden die in Abschnitt 3.3.3.2 ausgewiesenen sektoriellen Betriebsbeschränkungen berücksichtigt. Dieser Vergleich hat gezeigt, dass

- i. W1, W3 – W16 und W19 – W21 keine Überschreitung der mittleren Windgeschwindigkeit $v_{\text{hub, NH}}$ im Vergleich zur Auslegungswindgeschwindigkeit $v_{\text{hub, TP}}$ aufweisen (siehe Abschnitt 3.2.1),
- ii. W1, W3 – W16 und W19 – W21 an einem Standort errichtet werden sollen, der den Auslegungswert der 50-Jahreswindgeschwindigkeit $v_{\text{m50, TP}}$ nicht überschreitet (siehe Abschnitt 3.2.2),
- iii. W1, W5 – W9 und W11 Überschreitungen der effektiven Turbulenzintensität I_{eff} gegenüber den Auslegungswerten aufweisen (siehe Abschnitt 3.3.3.3) und
- iv. W3, W4, W10, W12 – W16 und W19 – W21 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 W3, W4, W10, W12 – W16 und W19 – W21 durch das vorliegende Gutachten nachgewiesen.

Die Standorteignung gemäß DIBt 2012 [1.1] ist für die WEA W1, W5 – W9 und W11 unter Berücksichtigung der sektoriellen Betriebsbeschränkungen gemäß Abschnitt 3.3.3.2 und 3.3.3.4 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	Anlagentyp	NH [m]	FEH [m]	Standorteignung gemäß DIBt 2012 nachgewiesen
W1	Enercon	E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja, siehe Abschnitt 3.3.3.2 und Abschnitt 3.3.3.4
W3	Enercon	E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja
W4	Enercon	E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja
W5	Enercon	E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja, siehe Abschnitt 3.3.3.4
W6	Enercon	E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja, siehe Abschnitt 3.3.3.4
W7	Enercon	E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja, siehe Abschnitt 3.3.3.4
W8	Enercon	E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja, siehe Abschnitt 3.3.3.4
W9	Enercon	E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja, siehe Abschnitt 3.3.3.4
W10	Enercon	E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja
W11	Enercon	E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja, siehe Abschnitt 3.3.3.4
W12	Enercon	E-138 EP3 E3 / 4.260 kW	160.0	0.0	Ja
W13	Enercon	E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja
W14	Enercon	E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja
W15	Enercon	E-138 EP3 E3 / 4.260 kW	160.0	0.0	Ja
W16	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-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja
W21	Enercon	E-160 EP5 E3 R1 / 5.560 kW	166.6	0.0	Ja

4.2 Bestehende WEA

Für die Bestands-WEA W23, W25 – W31, W33 – W37, W41, W42, W47, W50 – W52, W54, W55, W58, W60 und W62 – W67 konnte die nach DIBt 2012 [1.1] nachzuweisende Standorteignung hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensität unter Berücksichtigung der in Abschnitt 3.3.3.2 aufgeführten Betriebsbeschränkungen durch den Vergleich mit den Auslegungswerten nachgewiesen werden.

Die Bestands-WEA W22, W24, W38 – W40, W46, W48, W49, W56, W57, W59, W61 und W68 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 unter Berücksichtigung der in Abschnitt 3.3.3.2 aufgeführten Betriebsbeschränkungen keinen signifikanten Einfluss auf die Standorteignung hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensitäten der WEA W22, W24, W38 – W40, W46, W48, W49, W56, W57, W59, W61 und W68 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.

Die Bestands-WEA W32 und W53 weisen Überschreitungen hinsichtlich der effektiven Turbulenzintensität auf, die durch den Zubau verursacht bzw. erhöht werden. Um die Standorteignung der WEA W32 und W53 auch nach Zubau nachweisen zu können, sind die in Abschnitt 3.3.3.4 aufgeführten sektoriellen Betriebsbeschränkungen notwendig.

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	Anlagentyp	NH [m]	FEH [m]	Standorteignung gemäß DIBt 2012 nachgewiesen
W22	Enercon	E-53 / 800 kW	73.0	0.0	Ja
W23	Enercon	E-82 E2 / 2.300 kW	138.0	0.0	Ja
W24	Enercon	E-82 E2 / 2.300 kW	138.0	0.0	Ja
W25	Enercon	E-82 E2 / 2.300 kW	98.0	0.0	Ja
W26	Enercon	E-82 E2 / 2.300 kW	98.0	0.0	Ja
W27	Enercon	E-82 E2 / 2.300 kW	98.0	0.0	Ja
W28	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	0.0	Ja
W29	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	0.0	Ja
W30	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	0.0	Ja
W31	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	0.0	Ja
W32	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	0.0	Ja, siehe Abschnitt 3.3.3.4
W33	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	0.0	Ja
W34	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	0.0	Ja
W35	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	0.0	Ja
W36	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	0.0	Ja
W37	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	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
W40	Vestas	V90-2.0 MW GS	105.0	0.0	Ja
W41	Enercon	E-82 E2 / 2.300 kW	138.0	0.0	Ja
W42	Enercon	E-82 E2 / 2.300 kW	138.0	0.0	Ja
W46	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	0.0	Ja
W47	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	0.0	Ja
W48	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	0.0	Ja
W49	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	0.0	Ja
W50	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	0.0	Ja
W51	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	0.0	Ja
W52	Enercon	E-66 / 18.70	85.0	0.0	Ja
W53	Enercon	E-66 / 18.70	85.0	0.0	Ja, siehe Abschnitt 3.3.3.4
W54	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	0.0	Ja
W55	Enercon	E-40 / 5.40	65.0	0.0	Ja
W56	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	0.0	Ja
W57	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	0.0	Ja
W58	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	0.0	Ja
W59	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	0.0	Ja
W60	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	0.0	Ja
W61	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	0.0	Ja, siehe Abschnitt 3.3.3.2
W62	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	0.0	Ja
W63	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	0.0	Ja
W64	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	0.0	Ja
W65	Vestas	V112-3.45 MW	94.0	0.0	Ja
W66	Vestas	V150-5.6 MW	125.0	0.0	Ja
W67	Vestas	V117-3.45 MW	114.5	0.0	Ja
W68	Vestas	V117-3.45 MW	94.0	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	[-]
λ	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
τ	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]
α	Höhenexponent	[-]
δ	Schräganströmung	[°]
ρ	Luftdichte	[kg/m ³]
σ	Standardabweichung der Windgeschwindigkeit	[m/s]
σ_σ	Standardabweichung der Turbulenzintensität	[-]

Literaturverzeichnis

- [1.1] *Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt -, Berlin; Referat I 8 Bautechnisches Prüfam 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 11.08.2020;*
- [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: "korrigierte Koordinaten" vom 26.08.2021; Datei: aktueller Bestand Eckolstädt an I17 korrigiert.xlsx; E-Mail mit dem Betreff: "AW: korrigierte Koordinaten" vom 27.08.2021; Datei: Koordinaten Reps und E82 lt Antrag.xlsx und Koordinaten Reps und E82 lt Antrag.pdf und E-Mail mit dem Betreff: "AW: Koordinaten jhu" vom 08.09.2021 und E-Mail mit dem Betreff: " geänderte Koordinaten Eckolstädt" vom 31.03.2022; Datei: Niedertrebra (Koordinatenliste) Schatten Turbulenz neue Koordinaten.xlsx 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 Eckolstädt; Standort: Eckolstädt, Thüringen; Berichts-Nr.: 21-175-7021571-Rev.00-WV-MS; 24.08.2021;*
- [22.2] *anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH; Extremwindabschätzung auf Basis des anemos Windatlas für Deutschland am Standort Eckolstädt; Standort: Eckolstädt, Thüringen; Berichts-Nr.: 21-175-7022323-Rev.00-EX-PP; 03.05.2021;*
- [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-160 EP5 E3 R1 / 5560 kW; D02693145/1.1-de; 28.10.2022;*
- [24.2] *ENERCON GmbH; Ansichtszeichnung Hybridturm E-160 EP5 E3-HAT-166-ES-C-01; ID Nr.: KM1515473; 28.05.2021;*
- [24.3] *ENERCON GmbH; Technisches Datenblatt General Design Conditions ENERCON Windenergieanlage E-138 EP3 E3 / 4260 kW; Dokument-ID: D1018674/6.0-de; 17.04.2023;*

LANDSCHAFTSPFLEGERISCHER BEGLEITPLAN

Stand: 24.01.2023

für

Errichtung und Betrieb von 18 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, 24.01.2023

..... 

INHALT

Inhalt
Tabellen
Anlagen

Inhalt

1	Einleitung	4
1.1	AUSGANGSSITUATION / AUFGABENSTELLUNG	4
1.2	RECHTLICHE GRUNDLAGEN	5
1.3	BEARBEITUNGSMETHODIK, DATENGRUNDLAGEN, UNTERSUCHUNGSUMFÄNGE.....	6
2	Vorhabensbeschreibung	8
3	Bestandserfassung und -bewertung der Schutzgüter des UVPG	8
3.1	VORBEMERKUNGEN	8
4	Darstellung und Bewertung der vorhabensbedingt zu erwartenden Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft.....	9
4.1	ANGABEN ZUR KONFLIKTANALYSE	9
5	Anwendung der Eingriffsregelung nach Naturschutzrecht.....	10
5.1	GRUNDSÄTZLICHES VORGEHEN	10
5.2	MAßNAHMEN ZUR VERMEIDUNG UND MINIMIERUNG VON EINGRIFFSFOLGEN	10
5.3	ERMITTLUNG DES KOMPENSATIONSBEDARFS FÜR VERBLEIBENDE ERHEBLICHE BEEINTRÄCHTIGUNGEN.....	12
5.3.1	VORBEMERKUNGEN.....	12
5.3.2	ERMITTLUNG DES KOMPENSATIONSBEDARFS FÜR VERBLEIBENDE ERHEBLICHE BEEINTRÄCHTIGUNGEN DES NATURHAUSHALTS	12
5.3.3	ERMITTLUNG DES KOMPENSATIONSBEDARFS FÜR VERBLEIBENDE ERHEBLICHE BEEINTRÄCHTIGUNGEN DES LANDSCHAFTSBILDES NACH NOHL (1993).....	14
6	Planung von Kompensationsmaßnahmen und Eingriffs- Ausgleichsbilanzierung.....	20
6.1	KOMPENSATIONSMAßNAHMEN FÜR VERBLEIBENDE ERHEBLICHE BEEINTRÄCHTIGUNGEN DES LANDSCHAFTSBILDES UND DES NATURHAUSHALTES	20
6.2	MAßNAHMENKONZEPTION/AUSGLEICH.....	20
6.2.1	VORBEMERKUNG	20
6.2.2	KOMPENSATION DER BEEINTRÄCHTIGUNGEN IM NATURHAUSHALT.....	21
6.2.3	KOMPENSATION DER BEEINTRÄCHTIGUNGEN IM LANDSCHAFTSBILD	21
7	Quellen	22

Tabellen

Tabelle 1:	Ermittlung des Kompensationsbedarfes für Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes	13
Tabelle 2:	Ermittlung des tatsächlichen Eingriffsraumes (Schutzgut Landschaftsbild) nach Nohl (1993)	17
Tabelle 3:	Landschaftsbildeinheiten (engeres UG) und ästhetische Raumeinheiten (weiteres UG).....	18
Tabelle 4:	Erheblichkeitsfaktoren der ästhetischen Raumeinheiten (Ermittlung nach Nohl (1993)).....	18
Tabelle 5:	Ergebnisse der Kompensationsbedarfsermittlung (Schutzgut Landschaftsbild) nach Nohl (1993)	19
Tabelle 6:	Berechnung der Ausgleichsabgabe für das Landschaftsbild	21

Anlagen

Anlage 1	Berechnungstabellen zur Ermittlung des Kompensationsflächenbedarfs (Schutzgut Landschaftsbild)
-----------------	--

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation / Aufgabenstellung

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

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 21 Windenergieanlagen (WEA) ist als genehmigungspflichtiger Eingriff in Natur und Landschaft im Sinne des § 14 BNatSchG¹ 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-

¹ 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 erfolgt im vorliegenden Fall 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“. Die Ableitung des Kompensationsbedarfs für

nicht vermeidbare Beeinträchtigungen des Naturhaushalts (Boden, Biotopinanspruchnahme) erfolgt rechnerisch nach dem Punktesystem des Bilanzierungsmodells.

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. 8.136 m² (Fundamentfläche) und die Teilversiegelung gewachsener Bodenfläche auf ca. 53.486 m² (Kranstellflächen und Zuwegungen, ohne zu überbauende Wirtschaftswege in der Größe von 17.839 m²),
- die Inanspruchnahme von ca. 59.074 m² intensiv bewirtschaftete Ackerfläche und 497 m² Hecken 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 Vermeidung	vor	Maßnahmen zur Minimierung	vor	Maßnahmen zum Ausgleich/Ersatz.
------------------------------------	-----	-------------------------------------	-----	---

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 ≥ 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 biototypenbezogenen 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			
	Biototyp	Flächengröße (m ²)	Biotopwert	Werteinheit	Biototyp	Flächengröße (m ²)	Biotopwert	Index
Fundamentflächen	Intensiv genutzter Acker (4100)	8.136	20	162.720	Bebaute Fläche ²	8.136	0	0
Kranstellflächen	Intensiv genutzter Acker (4100)	24.419	20	488.380	Schotterfläche, unversiegelt	24.419	10	244.190
Zuwegungen	Intensiv genutzter Acker (4100)	26.519	20	530.380		26.519	10	265.190
	Grasreiche, ruderales Säume (4711)	2.051	30	61.530		2.051	10	20.510
	Feldhecke, überwiegend Büsche (6110)	88	40	3.520		88	10	880
	Feldhecke, überwiegend Bäume (6120)	409	40	16.360		409	10	4.090
	Wirtschaftsweg, unversiegelt (9214)	17.839	10	178.390		17.839	10	178.390
Summe		79.461		1.441.280		79.461		713.250
Eingriffsbedingte Wertminderung / Kompensationsbedarf						728.030		

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. 36.402 m² bzw. 3,64 ha**.

² Für die insgesamt ca. 8.136 m² großen Fundamentflächen wurde im Rahmen der Konfliktanalyse 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 Schotterbodenschicht (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.

5.3.3 Ermittlung des Kompensationsbedarfs für verbleibende erhebliche Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes nach Nohl (1993)

Methodik der Kompensationsbedarfsermittlung nach NOHL

Zur Ermittlung des theoretischen Kompensationsbedarfs wird ein formalisierter Verfahrensablauf nach NOHL: „Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe, Materialien für die naturschutzfachliche Bewertung und Kompensationsflächenermittlung, (geänderte Fassung August 1993)“, verwendet. Dieses Verfahren soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit bei der Anwendung der Eingriffsregelung im Rahmen des Genehmigungsverfahrens dienen.

Dem Bewertungsmodus liegt folgende Modellvorstellung zugrunde:

Je stärker die Eingriffserheblichkeit (Eingriffsintensität und Eingriffsempfindlichkeit) und je größer die betroffenen Landschaftsräume sind, desto gravierender sind die ästhetischen Funktionsverluste der Landschaft im Eingriffsbereich und die daraus resultierenden Kompensationsansprüche.

Wie in der Konfliktanalyse zum Schutzgut Landschaftsbild im Kap. 4.7 der UVP-Bericht beschrieben, werden die geplanten 21 WEA für alle Sichtpunkte eine Windfelderweiterung bilden. Entsprechend wird der Kompensationsbedarf für das gesamte im Zusammenhang stehende Windfeld aus den im Windpark Eckolstädt und seinem Umfeld bereits vorhandenen WEA ermittelt.

Somit wird die Langfassung des Verfahrens von NOHL, für große WEA mit Höhen von >100 m und Windparks, bestehend aus mehr als drei WEA, angewendet.

1. Schritt – Abgrenzung des potenziell beeinträchtigten Gebietes

Das durch den geplanten Eingriff potenziell beeinträchtigte Gebiet wird in **drei ästhetische Wirkzonen** mit abnehmender Eindrucksstärke untergliedert:

- | | |
|---------------|---|
| Wirkzone I: | Kreisfläche mit 200 m Radius um die Anlagenstandorte, |
| Wirkzone II: | Ringfläche mit 1.500 m Radius um die Anlagenstandorte (abzüglich Wirkzone I), |
| Wirkzone III: | Ringfläche mit 10.000 m Radius um die Anlagenstandorte (abzüglich Wirkzone I und II). |

Außerhalb der Wirkzone III werden die WEA zwar z.T. noch wahrgenommen, sind aber mit Sicherheit kein dominierender Bestandteil der Landschaft mehr.

2. Schritt – Abgrenzung des tatsächlich beeinträchtigten Gebietes

Der tatsächliche Eingriffsbereich der geplanten 21 WEA ist aufgrund sichtverstellender sowie blickverschatteter Flächen geringer als der potenzielle Eingriffsbereich. Die ästhetisch beeinträchtigten Flächen sind alle diejenigen, welche weder sichtverstellend wirken noch sichtverschattet sind und sich innerhalb der drei Wirkzonen befinden.

3. Schritt – Abgrenzung von eigenständigen ästhetischen Raumeinheiten

Es erfolgt die Unterteilung der ästhetisch beeinträchtigten Flächen in Gebiete, die sich deutlich in ihrem Erscheinungsbild voneinander abgrenzen.

4. Schritt – Ermittlung des ästhetischen Eigenwertes vor dem Eingriff

Die ästhetischen Eigenwerte der herausgearbeiteten Raumeinheiten werden ermittelt. Dazu wird der Grad der Vielfalt, der Naturnähe und des Eigenarterhalts festgestellt. Die Gewichtung kann unterschiedlich verteilt werden, und u.a. einer Nivellierung der Werte entgegensteuern. Dem Eigenarterhalt kommt nach NOHL eine besondere Bedeutung zu.

5. Schritt – Ermittlung des ästhetischen Eigenwertes nach dem Eingriff

Mit dem Wissen über die Intensität des geplanten Eingriffs erfolgt nun eine Abschätzung der ästhetischen Eigenwerte nach dem Eingriff. Die Lagebeziehung und die Größe der Anlagen spielen dabei eine wichtige Rolle.

6. Schritt – Ermittlung der ästhetischen Eingriffsintensität

Die Differenz der ästhetischen Eigenwerte vor und nach dem geplanten Eingriff ergibt die ästhetische Eingriffsintensität.

7. Schritt – Ermittlung der visuellen Verletzlichkeit

Um die visuelle Verletzlichkeit einer Raumeinheit feststellen zu können, werden drei Kriterien betrachtet: das **Relief** des Geländes, die **Vielfalt** der Elemente und die **Vegetationsdichte**. Landschaften können einen Eingriff unterschiedlich verkraften, sind also jeweils anders empfindlich. Prinzipiell kann gesagt werden: Je transparenter eine Landschaft ist, desto höher ist ihre visuelle Verletzlichkeit. So sind Geländeformen mit geringer Reliefbewegung, geringer Strukturvielfalt und geringer Vegetationsdichte besonders empfindlich.

8. Schritt – Ermittlung der Schutzwürdigkeit

Dazu wird die Dichte/Anzahl der geschützten und schutzwürdigen Flächen und Objekte innerhalb einer Raumeinheit betrachtet. Dies wird direkt auf einer 10er-Skala erfasst. Bei sehr hoher Wertigkeit (Stufen 9 und 10 auf einer 10er-Skala) sollte die ästhetische Raumeinheit als Tabufläche angesehen werden.

9. Schritt – Ermittlung der Empfindlichkeit

Je höher der ästhetische Eigenwert und die visuelle Verletzlichkeit einer Raumeinheit und je größer der Grad der Schutzwürdigkeit ist, desto stärker ist die Empfindlichkeit einer ästhetischen Raumeinheit.

10. Schritt – Ermittlung der Eingriffserheblichkeit

Ein Eingriff in das Landschaftsbild ist umso erheblicher, je stärker die Eingriffsintensität und zugleich je größer die Empfindlichkeit einer Raumeinheit gegenüber Eingriffen ist.

Die in den Schritten 4 bis hierher beschriebenen Bewertungen erfolgen jeweils anhand einer 10-stufigen Skala. Die entsprechenden **Bewertungsschlüssel** sind in der **Anlage 1** enthalten.

11. Schritt – Festlegung des Erheblichkeitsfaktors

Der Erheblichkeitsfaktor (e) ergibt sich aus folgender Annahme: Bei einer Erheblichkeitsstufe von z.B. „3“ auf der 10er-Skala, wird davon ausgegangen, dass 30 % der Fläche einer Raumeinheit ästhetisch erheblich beeinträchtigt sind. Der Erheblichkeitsfaktor hieße somit $e = 0,3$.

12. Schritt – Festlegung des Kompensationsflächenfaktors

Für eine intakte Kulturlandschaft wird in Abhängigkeit vom Landschaftstyp im Allgemeinen mit einem Mindestflächenanspruch von 5 % - 20 % für Naturschutz und Landschaftspflege gerechnet. Es wird deshalb angenommen, dass der durch einen Eingriff bedingte ästhetische Funktionsverlust nur dann einigermaßen kompensiert werden kann, wenn 5 % bis 20 % der erheblich beeinträchtigten Fläche für die Durchführung von Kompensationsmaßnahmen bereitgestellt werden (Kompensationsflächenfaktor 0,05 bis 0,2).

13. Schritt – Festlegung des Wahrnehmungskoeffizienten

In den Wahrnehmungskoeffizienten (w) fließen sowohl die abnehmende Fernwirkung der Eingriffsobjekte, als auch die Höhe des Objektes sowie die Vorbelastungen ähnlicher Art ein. NOHL macht dazu folgende Vorgaben:

Wirkzone	WEA < 60m	WEA > 60 m	WEA < 60 m, gro- ße Vorbelastung	WEA > 60 m, gro- ße Vorbelastung
I	0,30	0,60	0,15	0,30
II	0,15	0,30	0,10	0,15
III	0,02	0,04	0,01	0,02

14. Schritt – Berechnung des Kompensationsflächenbedarfs

Der Umfang der Kompensationsfläche ergibt sich aus der Formel:

$$K = F \times e \times b \times w.$$

- F = Fläche der jeweiligen Raumeinheit (RE) in der Wirkzone,
- e = Erheblichkeitsfaktor der jeweiligen RE in der Wirkzone,
- b = Kompensationsflächenfaktor,
- w = Wahrnehmungskoeffizient in der Wirkzone,

Die auf diese Weise ermittelten Kompensationsteilflächen addieren sich zum Gesamtumfang aller Kompensationsflächen.

Ergebnisse der Kompensationsbedarfsermittlung nach NOHL

Ermittlung des durch die WEA beeinträchtigten Eingriffsraumes (Schritte 1 und 2)

Die um das geplante Vorhabensgebiet abgegrenzten Wirkzonen I bis III sowie die innerhalb dieser Wirkzonen ermittelten sichtverstellten und sichtverschatteten Flächen sind in der Konfliktanalyse zum Schutzgut Landschaftsbild (Kap. 4.7 des UVP-Berichts) beschrieben und im **Plan Landschaftsbild des engeren Untersuchungsgebietes** (Plan 5 des UVP-Berichts) und im **Plan Landschaftsbild des weiteren Untersuchungsgebiet** (Plan 6 des UVP-Berichts) dargestellt.

Folgende tatsächliche Eingriffsräume wurden ermittelt:

Tabelle 2: Ermittlung des tatsächlichen Eingriffsraumes (Schutzgut Landschaftsbild) nach Nohl (1993)

	Wirkzone I	Wirkzone II	Wirkzone III	Summe
Gesamtfläche (potenzielles Eingriffsgebiet) in ha	262,69	5.967,82	50.808,72	57.039,23
Sichtverstellte und sichtverschattete Flächen in ha	0,00	811,70	17526,36	18.338,06
Tatsächliches Eingriffsgebiet in ha	0,00	5.156,12	33.282,36	38.701,17

Abgrenzung eigenständiger ästhetischer Raumeinheiten (Schritt 3)

Bereits im Rahmen der Bestandsaufnahme zum Schutzgut Landschaftsbild (Kap 3.8.2 und 3.8.3 des UVP-Berichts) wurde der Eingriffsraum in folgende Landschaftsbildeinheiten (engeres UG) und ästhetische Raumeinheiten (weiteres UG) untergliedert:

Tabelle 3: Landschaftsbildeinheiten (engeres UG) und ästhetische Raumeinheiten (weiteres UG)

Landschaftsbildeinheiten (engeres UG)	Ästhetische Raumeinheiten (weiteres UG)
Weitläufig ausgeräumte Ackerflur	Weitläufig ausgeräumte Ackerflur
Waldreiches Hügelland	Waldreiches Hügelland
Strukturierte Talabschnitte	Strukturreiche Talniederung
Siedlungsgebiete	Urban geprägte Talniederung
Gewerbeflächen	

Ermittlung der landschaftsästhetischen Erheblichkeit des Eingriffs (Schritte 4 bis 11)

Der Bewertungsablauf bis zur Ermittlung des Erheblichkeitsfaktors ist separat für jede Landschaftsbildeinheit bzw. ästhetische Raumeinheit in einer **Tabelle**, die sich jeweils in der **Anlage 1** befindet, dargestellt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die ermittelten **Erheblichkeitsfaktoren**.

Tabelle 4: Erheblichkeitsfaktoren der ästhetischen Raumeinheiten (Ermittlung nach Nohl (1993))

Landschaftsbildeinheit/ Ästhetische Raumeinheit	Wirkzone I	Wirkzone II	Wirkzone III
Weitläufig ausgeräumte Ackerflur	0,1	0,4	0,2
Waldreiches Hügelland	/	0,4	0,4
Strukturreiche Talniederung	/	0,5	0,5
Siedlungsgebiete/Urban geprägte Talniederung	/	0,2	0,1
Gewerbeflächen	/	0,1	/

Ermittlung des Umfangs der Kompensationsflächen (Schritte 12 bis 14)

ROTH et al. (1996) geben für die intensiv ackerbaulich genutzten Naturräume im mitteldeutschen Raum einen anzustrebenden Anteil an ökologischen und landeskulturellen Vorrangflächen im Agrarraum von 10 % an. Das bedeutet, rund 10 % der erheblich beeinträchtigten Flächen im Umfeld des Vorhabensgebietes sollten für die Durchführung von Kompensationsmaßnahmen bereitgestellt werden. Entsprechend wird der **Kompensationsflächenfaktor** im vorliegenden Fall mit **b=0,1** angesetzt.

Die zu berücksichtigenden vorhandene WEA weist eine Anlagenhöhen von <100 m auf. Da der Kompensationsbedarf für das gesamte Windfeld Dittelsdorf ermittelt wird, ist für die Wirkzone I keine Vorbelastung zu berücksichtigen. Am Rande der Wirkzone II ragt bereits der angrenzende Windpark Wittgendorf in das engere UG hinein, so dass hier Vorbelastungen zu berücksichtigen sind. Die Wirkzone III ist aufgrund der hier vorhandenen anderen Windparks ebenfalls als vorbelastet zu betrachten. Entsprechend werden für die einzelnen Wirkzonen folgende **Wahrnehmungskoeffizienten** angesetzt:

Wirkzone I $w = 0,6,$
 Wirkzone II $w = 0,15,$
 Wirkzone III $w = 0,02.$

Entsprechend der für jede ästhetische Raumeinheit und für jede Wirkzone separat durchgeführten Berechnung:

Wirkzone I: $K = F \times e \times 0,1 \times 0,6,$
 Wirkzone II: $K = F \times e \times 0,1 \times 0,15,$
 Wirkzone III: $K = F \times e \times 0,1 \times 0,02,$

ergibt sich für die vorhandenen 69 WEA, und die geplanten 21 WEA folgender **Kompensationsflächenbedarf**:

Tabelle 5: Ergebnisse der Kompensationsbedarfsermittlung (Schutzgut Landschaftsbild) nach Nohl (1993)

Wirkzone I	Wirkzone II	Wirkzone III	Summe
1,58 ha	31,15 ha	17,00 ha	49,72 ha

Die exakten Berechnungsansätze sind der ebenfalls in der **Anlage 1** enthaltenen **Berechnungstabelle zur Ermittlung des Kompensationsflächenbedarfs** (Schutzgut Landschaftsbild) zu entnehmen.

Bei gleichmäßiger Verteilung dieses für das gesamte Windfeld Eckolstädt errechneten Kompensationsflächenbedarfs errechnet sich für jede einzelne geplante WEA eine **flächenmäßige Kompensationsforderung von 0,75 ha**.

Der Kompensationsbedarf für die geplanten 18 WEA im Windfeld Eckolstädt beträgt demzufolge 13,5 ha.

6 Planung von Kompensationsmaßnahmen und Eingriffs-Ausgleichsbilanzierung

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 sowie Landschaftsbild abzielen.

Mit Bezug auf das Landschaftsbild bieten sich innerhalb des beeinträchtigten Raumes nur eingeschränkt geeignete Ausgleichsmaßnahmen (lt. BREUER: Beseitigung vergleichbarer Vorbelastungen des Landschaftsbildes) an.

Um das Kompensationserfordernis zu erfüllen, sind deshalb überwiegend Ersatzmaßnahmen zu planen. Ersatzmaßnahmen, die geeignet sind, die landschaftsbildbezogenen Beeinträchtigungen durch WEA zu kompensieren, sind nach BREUER (2001) Maßnahmen, die zur Wiederherstellung oder Neuentwicklung naturbetonter Biotope und Landschaftsbestandteile führen, die für den jeweiligen Naturraum typisch sind.

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 728.030 Wertpunkte errechnet.

Die Ermittlung des Kompensationsbedarfs für verbleibende erhebliche Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes ergab eine auszugleichende Flächengröße von insgesamt 13,5 ha.

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 Landgesellschaft, 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 (ThürNatAVO 1999) vorgeschlagen.

6.2.2 Kompensation der Beeinträchtigungen im Naturhaushalt

Für den Ausgleich des Kompensationsbedarfs von insgesamt 728.030 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 ThürNatAVO.

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 223.200 EURO (siehe Tabelle 6:).

Tabelle 6: Berechnung der Ausgleichsabgabe für das Landschaftsbild

G geplante WEA	Nabenhöhe [m]	Ausgleichsabgabe [€/m]	Ausgleich/WEA [€]
WEA W1	166	75,00	12.450,00
WEA W3	166	75,00	12.450,00
WEA W4	166	75,00	12.450,00
WEA W5	166	75,00	12.450,00
WEA W6	166	75,00	12.450,00
WEA W7	166	75,00	12.450,00
WEA W8	166	75,00	12.450,00
WEA W9	166	75,00	12.450,00
WEA W10	166	75,00	12.450,00
WEA W11	166	75,00	12.450,00
WEA W12	160	75,00	12.000,00
WEA W13	166	75,00	12.450,00
WEA W14	166	75,00	12.450,00
WEA W15	160	75,00	12.000,00
WEA W16	166	75,00	12.450,00
WEA W19	166	75,00	12.450,00
WEA W20	166	75,00	12.450,00
WEA W21	166	75,00	12.450,00
		Summe	223.200,00

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.
- TMLNU (2005): Die Eingriffsregelung in Thüringen-Bilanzierungsmodell. Erfurt, August 2005.

Anlagen

Anlage 1

Berechnungstabellen zur Ermittlung des Kompensationsflächenbedarfs (Schutzgut Landschaftsbild)

Kompensationsflächen für die im Vorhabensgebiet vorhandenen und geplanten WEA

F = Fläche der RE in der Wirkzone
 e = Erheblichkeitsfaktor der RE in der Wirkzone
 b = Kompensationsflächenfaktor
 w = Wahrnehmungskoeffizient in der WZ
 (WZ I: 0,6 ; WZ II: 0,15 ; WZ III: 0,02)

$$b = 0,1$$

$$K = F \times e \times b \times w$$

Wirkzone I

$$w = 0,6$$

Raumeinheit (RE)	F in m ²	e	Kompensationsfläche in m ²
Weitläufig ausgeräumte Ackerflur	2.626.900	0,1	15.761
Summe			15.761 m² 1,58 ha

Wirkzone II

$$w = 0,15$$

Raumeinheit (RE)	F in m ²	e	Kompensationsfläche in m ²
Weitläufig ausgeräumte Ackerflur	47.768.318	0,4	286.610
Waldreiches Hügelland	2.389.207	0,4	14.335
Strukturreiche Tallandschaft	1.403.676	0,5	10.528
Summe			311.473 m² 31,15 ha

Wirkzone III

$$w = 0,02$$

Raumeinheit (RE)	F in m ²	e	Kompensationsfläche in m ²
Weitläufig ausgeräumte Ackerflur	251.493.142	0,2	100.597
Waldreiches Hügelland	59.795.348	0,4	47.836
Strukturreiche Tallandschaft	21.535.130	0,5	21.535
Summe			169.969 m² 17,00 ha
gesamt			49,72 ha

weitläufig ausgeräumte Ackerflur

Visuelle Verletzlichkeit				Schutzwürdigkeit				Ästhetischer Eigenwert						
	WZ I	WZ II	WZ III		WZ I	WZ II	WZ III		vor dem Eingriff			nach dem Eingriff		
									WZ I	WZ II	WZ III	WZ I	WZ II	WZ III
Relief	10	8	7	Wert:	2	6	3	Vielfalt (1x)	1	5	3	1	4	3
Strukturvielfalt	10	8	6					Naturnähe (1x)	1	3	2	1	1	1
Vegetationsdichte	10	8	7					Eigenart(serhalt) (2x)	3	5	4	3	4	4
Aggregation:	30	24	20					Aggregation:	8	18	13	8	13	12
Wert:	10	9	7					Wert:	1	4	2	1	2	2
	sehr hoch	sehr hoch	hoch		sehr gering	mittel	gering		sehr gering	gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering	gering
1x				1x				2x						
				Ästhetische Empfindlichkeit				Ästhetische Eingriffsintensität						
					WZ I	WZ II	WZ III		Diff. vor/nach Eingriff	WZ I	WZ II	WZ III		
				Aggregation:	14	23	14	Differenz:	0	5	1			
				Wert:	3	6	3	Wert:	1	4	2			
					gering	mittel	gering		gering	gering	gering			
				1x				1x						
				Ästhetische Eingriffserheblichkeit										
					WZ I	WZ II	WZ III							
				Aggregation:	4	10	5							
				Wert:	1	4	2							
					sehr gering	gering	sehr gering							
				Erheblichkeitsfaktor:	0,1	0,4	0,2							

Waldreiches Hügelland

Visuelle Verletzlichkeit				Schutzwürdigkeit				Ästhetischer Eigenwert					
								vor dem Eingriff			nach dem Eingriff		
								WZ I	WZ II	WZ III	WZ I	WZ II	WZ III
Relief		5	5	Wert:		8	8	Aggregation: Wert:	Vielfalt (1x)	6	6	5	6
Strukturvielfalt		4	4						6	6	5	5	
Vegetationsdichte		5	5						7	7	6	7	
Aggregation:		14	14					26	26	22	25		
Wert:		4	4					7	7	5	7		
		mittel	mittel			hoch	hoch		hoch	hoch	mittel	hoch	

Ästhetische Empfindlichkeit				Ästhetische Eingriffsintensität						
				WZ I	WZ II	WZ III	Diff. vor/nach Eingriff	WZ I	WZ II	WZ III
Aggregation:			26	26	Differenz: Wert:		4	1		
Wert:			7	7			3	2		
			hoch	hoch			gering	sehr gering		

Ästhetische Eingriffserheblichkeit						
				WZ I	WZ II	WZ III
Aggregation:			10	9		
Wert:			4	4		
			gering	gering		
Erheblichkeitsfaktor:			0,4	0,4		

Strukturreiche Talniederung

