



Planungskonzept zur Steuerung der Windenergienutzung im Regionalplan Havelland-Fläming 3.0

**Herleitung und Begründung von Parametern einer Windenergieanlage,
die bei der Ausarbeitung des Planungskonzepts für die Festlegung von
Windeignungsgebieten im Regionalplan Havelland-Fläming 3.0
zu treffenden Abwägungsentscheidungen
typisierend zu Grunde gelegt werden
(Referenzanlage)**

(April 2019)

(zuletzt ergänzt am 20.07.2020)

Erarbeitet durch die
Regionale Planungsstelle
Oderstraße 65
14513 Teltow
www.havelland-flaeming.de

I. Anlass und Zweck der Herleitung und Begründung einer Referenzanlage

Durch das Ziel 8.2 des Landesentwicklungsplans Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg (LEP HR) wird den Regionalen Planungsgemeinschaften im Land Brandenburg die Aufgabe übertragen, Festlegungen zur Steuerung der Windenergienutzung vorzunehmen. Dazu sollen im Regionalplan Havelland-Fläming 3.0 Eignungsgebiete für die Windenergienutzung festgelegt werden, die aus einem den gesamten Planungsraum der Region erfassenden, schlüssigen Plankonzept zu entwickeln sind. Grundsätzlich wird durch die Festlegung von Eignungsgebieten die standortbezogene Zulässigkeit der Errichtung von Windenergieanlagen abschließend geregelt, indem festgelegt wird, dass die Errichtung raumbedeutsamer Windenergieanlagen außerhalb der Eignungsgebiete unzulässig ist. Die innergebietliche Wirkung der Eignungsgebiete beschränkt sich auf eine positive Nutzungszuweisung zugunsten der Windenergienutzung auf der Grundlage einer abschließenden Abwägung als Ziel der Raumordnung. Eine darüber hinaus gehende innergebietliche Steuerung in dem Sinn, dass Anlagenstandort und Anlagenparameter bestimmt werden, wird hingegen nicht bewirkt.

Für bestimmte regionalplanerische Entscheidungen sind fallweise jedoch auch begründete Annahmen zu bestimmten Anlageparametern zu Grunde zu legen. Das betrifft zum Beispiel immissionsschutzrechtliche Mindestabstände, kann aber auch für Abstände in Bezug auf Infrastrukturtrassen und andere konfligierende Nutzungen von Bedeutung sein.

Einflussreiche Parameter sind beispielsweise die Nennleistung, Rotordurchmesser, Nabenhöhe und die verursachten Schallemissionen.

Diese Parameter können große Unterschiede aufweisen. Sie variieren vor allem zwischen den verschiedenen Nennleistungsklassen, sind aber auch innerhalb einer Größenklasse hersteller- und typenabhängig verschieden. Die auf der Ebene der Regionalplanung zu treffenden Abwägungsentscheidungen können jedoch nicht auf der Grundlage variabler Parameter vorgenommen werden bzw. von noch nicht konkretisierten Leistungs- und Konstruktionsmerkmalen der später in den Eignungsgebieten zu errichtenden Anlagen abhängen.

Der Regionalen Planungsgemeinschaft kommt daher ein Beurteilungsspielraum und die Befugnis zur Typisierung zu, das heißt, ihre planerischen Entscheidungen können an einer Referenzanlage ausgerichtet sein, deren Parameter auf der Grundlage begründeter Annahmen und mit dem Rückgriff auf Erfahrungswerte pauschal definiert werden. Die Festlegung der Referenzparameter muss dabei nicht ausschließlich auf den vorhandenen Anlagenbestand bezogen sein, sondern kann auch eine begründete Prognose für die im Planungszeitraum voraussichtlich stattfindenden Entwicklungen berücksichtigen.

Die vorliegende Ausarbeitung hat zum Ziel, eine solche Referenzanlage mit den relevanten technischen Parametern herzuleiten.

II. Entwicklung der durchschnittlichen Nennleistung im Bestand

Zurzeit sind in der Region 772 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 1.436 MW errichtet. Die durchschnittliche Nennleistung der installierten Anlagen beträgt 1,86 MW. Bei Anlagen die zwischen 2000 und 2010 errichtet wurden beträgt die durchschnittliche Nennleistung 1,75 MW. Bei Anlagen die zwischen 2011 und 2017 errichtet sind, beträgt sie bereits 2,65 MW. [14]

Im Vergleich zu 2017 stieg die Nennleistung neuer Anlagen bundesweit um 9% auf 3,2 MW. In Brandenburg gab es einen Anstieg um 5% ebenfalls auf 3,2 MW. Bundesweit stiegen auch der Rotordurchmesser und die Nabenhöhe, jeweils um 4%, auf 118 m bzw. 132 m. In 2019 wurden (Stand: März 2019) Anlagen mit durchschnittlich 3,3 MW errichtet. Hierbei hatten aber die Hälfte aller Anlagen eine Nennleistung von 3,45 MW oder höher. Der niedrigere

Durchschnittswert ist vor allem durch „Ausreißer“ nach unten zu erklären, z. B. Anlagen mit einer Nennleistung von nur 2,0 MW. Auch die Hälfte aller in der Region Havelland-Fläming installierten Anlagen in 2018 hatten eine Nennleistung von 3,45 MW oder höher.

III. Langzeitentwicklung der Nennleistung von Windenergieanlagen

Die technische Entwicklung, wie auch die Größe von Windenergieanlagen sind in den letzten Jahrzehnten rasant angestiegen und steigern sich weiterhin jährlich. Während man in der 90er Jahren noch Windenergieanlagen mit einer Leistung von 600 kW baute, wurde in den 2000er Jahren die Megawattgrenze durchbrochen. Heutzutage ist es üblich Windenergieanlagen an Land mit 3,6 MW zu installieren und Anlagen der 4 MW-Klasse sind schon lange keine Zukunftsvorstellung mehr. Die Nennleistung von Windenergieanlagen an Land ist also seit Jahrzehnten kontinuierlich gestiegen, und es kann angenommen werden, dass diese auch in den kommenden Jahren weiter steigen.

	2015	2016	2017	2018	2019 ¹	2025 ¹	Durchschnittliches jährliches Wachstum
Brandenburg	2,7	3,0	3,1	3,2	3,4	5,2	6,1 %
Niedersachsen	2,6	2,8	2,9	3,3	3,6	5,9	8,6 %
Deutschland	2,7	2,6	2,9	3,2	3,4	5,2	6,1 %

Tabelle 1: Durchschnittliche Leistung neu installierter Windenergieanlagen (MW) [1]

Die Nennleistung von neu installierten Anlagen in Brandenburg ist in den Jahren von 2015 bis 2018 um 18,5% gestiegen. Das entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Steigerung von 6,1%.

Die folgende Tabelle zeigt die Entwicklung von Nennleistung, Nabenhöhe und Rotordurchmesser von neu errichteten WEA in Brandenburg von 2017 bis 2018. Die durchschnittliche Nennleistung ist dieselbe, wie in der Tabelle 1 (3,2 MW). Die Hälfte der Anlagen hatte eine Leistung von mindestens 3,45 MW. Knapp 50% aller neu errichteten Anlagen im Jahr 2018 waren vom Hersteller Vestas, gefolgt von Enercon mit 13%. Die am häufigsten errichtete Anlage war die V126 von Vestas, in unterschiedlichen Variationen.

Jahr	Leistung	Nabenhöhe	Rotor
	Durchschnittswert	Durchschnittswerte [m]	
2017	3,1 MW	136	116
2018	3,2 MW	136	121

Tabelle 2: Installierte WEA in Brandenburg in den Jahren 2017 und 2018 [2]

Für eine gute und zukunftsichere Planung ist es wichtig, nicht nur die derzeitige Situation zu analysieren, sondern auch die zukünftige Entwicklung zu antizipieren und zu berücksichtigen.

IV. Nennleistung bei genehmigten und beantragten Windenergieanlagen

Außer den bereits errichteten Anlagen, sind auch die bereits genehmigten Anlagen von Interesse. Parameter von Anlagen für die eine Genehmigung beantragt wurde, weisen auf die zukünftigen Tendenzen hin, die bei der Planung zu berücksichtigen sind. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Nennleistungen von gegenwärtig genehmigten und zwischen 2014 und 2018 beantragten WEA in der Region Havelland-Fläming.

¹ skalierte Werte nach Spalte 8

Status	Nennleistung in MW		
	Minimal	Mittel	Maximal
Genehmigt	2,3	3,2	4,2
Beantragt	2,4	3,9	5,4

Tabelle 3: Nennleistungen (in MW) von genehmigten und beantragten WEA in der Region Havelland-Fläming (2014 – 2018) [14]

Diese Daten lassen, ebenso wie der zuvor beschriebene allgemeine Trend der Entwicklung, die Annahme zu, dass nach dem Willen der an der Nutzung der Windenergie in der Region interessierten Unternehmen in der Zukunft bevorzugt größere Anlagen zum Einsatz kommen sollen. Es erscheint daher sinnvoll, für die Bestimmung der Parameter einer Referenzanlage die Maximalwerte in den Blick zu nehmen, wohingegen Ausreißer nach unten, beispielsweise mit einer Nennleistung von 2,3 MW weniger relevant erscheinen.

Diese Annahme wird auch durch Ergebnisse der von der Deutsche WindGuard GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) erarbeiteten Analyse zum Kostendruck und der Technologieentwicklung bei Windenergieanlagen an Land aus dem Jahr 2017 gestützt. Darin wird u. a. folgende Einschätzung abgegeben:

„Eine Auswertung aktuell auf den Markt kommender Anlagentypen zeigt, dass der breite Einstieg in die 4 MW-Klasse ansteht. Der Trend zu immer größeren Rotordurchmessern ist weiterhin deutlich, diese erreichen einen Durchmesser von bis zu 158 m.

Grundsätzlich stellt sich die Frage, wie schnell die aufgeführten Anlagentypen den Markt durchdringen werden. Größtenteils handelt es sich um Anlagentypen, die noch nicht oder kaum im Markt vertreten sind. Es ist zu beobachten, dass die Hersteller neue Anlagentypen sehr früh ankündigen. Häufig werden die zugehörigen Prototypen erst im nächsten Jahr erwartet, mit der Verfügbarkeit auf dem Markt ist somit erst ab 2019 zu rechnen, so dass ab 2020/21 größere Stückzahlen zu erwarten sind. Wenn bereits ein Prototyp installiert wurde, kann ab 2018 mit der Anlage im Markt gerechnet werden, zunächst in kleineren Stückzahlen.

Unter den angekündigten Anlagentypen sticht insbesondere die GE-Anlage mit 158 m Rotordurchmesser und einer Nennleistung von 4,8 MW heraus. Die nächstgrößeren Rotordurchmesser haben Vestas (150 m) und Nordex (149 m) sowie Senvion (148 m) angekündigt. Eine zu beobachtende Tendenz ist auch, dass Anlagen, die originär Schwachwindeigenschaften aufweisen, zunehmend auch für mittlere bis starke Windverhältnisse ausgelegt werden. Auch an diesen Standorten besteht somit ein Trend hin zur weiteren Vergrößerung der Rotordurchmesser.

Wenn sich heute also eine neue Plattform ankündigt (4 MW-Klasse) ist eine Entwicklungsphase mit im Vergleich zu den letzten Jahren stärker steigenden durchschnittlichen Leistungen bei den Neuinstallationen zu erwarten. Laut bisheriger Erfahrungen wären diese Anlagen in etwa vier Jahren, also ab 2021 so stark im Markt vertreten, dass die durchschnittlichen Neuinstallationen dieser Charakteristik entsprechen. Aufgrund des erhöhten Kostendrucks und des sich wandelnden Marktes im Ausschreibungssystem könnte sich dieser Zeitraum ggf. noch leicht verkürzen.“ [4]

V. Mögliche Parameter einer Referenzanlage

Es ist grundsätzlich nicht möglich die „richtige“ Referenzanlage zu ermitteln. Die Definition der Parameter einer Referenzanlage ist vielmehr das Ergebnis einer zulässigen Typisierung und Abstarktion, die geeignet sein muss, die mit den Abwägungsentscheidungen zu gewährleistenden Schutzzwecke zu erreichen. Im Folgenden wird eine denkbare Auswahl modellhafter Referenzanlagen mit grundlegenden Parametern dargestellt. Die Angaben beziehen sich nicht auf reale Anlagen bestimmter Hersteller, so dass die Kombination von Parametern nicht real vorkommen muss.

1) Auf der Basis der durchschnittlichen Parameter aller im Jahr 2018 in Brandenburg neu errichteter Anlagen lassen sich die in Tabelle 4 dargestellten Parameter einer möglichen Referenzanlage bestimmen.

Leistung	Nabenhöhe	Rotordurchmesser
3,2 MW	136 m	121 m

Tabelle 4: Referenzanlage 1 auf Grundlage des Durchschnitts neu errichteter Anlagen in Brandenburg [2]

2) Auf der Basis der Obergrenzen der Parameter der im Jahr 2018 im Land Brandenburg neu errichteten Anlagen lassen sich die in der Tabelle 5 dargestellten Parameter einer möglichen Referenzanlage bestimmen. Anlagen mit mindestens 4 MW machten in Brandenburg 9% des Zubaus 2018 aus, die meisten hatten eine Nennleistung von 4,2 MW.

Leistung	Nabenhöhe	Rotordurchmesser
4,2 MW	149 m	140 m

Tabelle 5: Referenzanlage 2 auf Grundlage der Maximalwerte neu errichteter Anlagen in Brandenburg [2]

3) Auf der Basis der durchschnittlichen Parameter, der 96 Anlagen, für die in der Region Havelland-Fläming eine Genehmigung beantragt ist, ergeben sich die in der Tabelle 6 benannten Parameter einer möglichen Referenzanlage.

Leistung	Nabenhöhe	Rotordurchmesser
3,9 MW	146 m	136 m

Tabelle 6: Referenzanlage 3 auf Grundlage der Durchschnittswerte der beantragten Anlagen in der Region Havelland-Fläming, im Zeitraum von 2014 – 2018 [14]

4) Auf der Basis der Obergrenzen der Parameter, der in der Region Havelland-Fläming im Genehmigungsverfahren befindlichen Windenergieanlagen, ergeben sich die in Tabelle 7 ausgewiesenen Parameter einer möglichen Referenzanlage. Von den 96 Anlagen im Genehmigungsverfahren gehören 27 Anlagen der 4-MW-Klasse an und 21 der 5-MW-Klasse.

Leistung	Nabenhöhe	Rotordurchmesser
5,4 MW	166 m	162 m

Tabelle 7: Referenzanlage 4 auf Grundlage der Maximalwerte der beantragten Anlagen in der Region Havelland-Fläming [14]

Es erscheint unter Berücksichtigung einer erwartbaren zukünftigen Entwicklung gerechtfertigt, die weiteren Betrachtungen an den Parametern der Referenzanlagen 2 und 3 auszurichten.

VI. Referenzwerte für die Schallemissionen

Ein weiterer wichtiger technischer Aspekt sind die von einer Windenergieanlage verursachten Schallemissionen.

Vor allem durch die an den Rotorblättern verursachten Luftverwirbelungen, aber auch durch Getriebe und Generatoren erzeugen Windenergieanlagen Schallemissionen (Lärm). Die

Errichtung und der Betrieb einer Windenergieanlage muss nach dem Bundesimmissionschutzgesetz genehmigt werden. Die Auswirkungen des von Windenergieanlagen ausgesendeten Schalls sind nach der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) [15] sowie dem begleitenden Regelwerk zu beurteilen. Die Intensität eines Schallereignisses wird durch den Schalldruckpegel beschrieben, der üblicherweise in der Maßeinheit Dezibel mit der Abkürzung dB angegeben wird. In Bezug auf die Empfindlichkeit des Gehörs wird in der Akustik der bewertete Schalldruckpegel verwendet, welcher auf Grundlage des Schalldruckpegels eine der auditiven Wahrnehmung des Menschen angenäherte Größe darstellt und in der Maßeinheit dB(A) angegeben wird. Der von einer Anlage ausgesendete Schall wird als Emission bezeichnet, die Anlage selbst dementsprechend als „Emissionsort“. Die Beurteilung einer Gefährdungssituation erfolgt hingegen an dem Ort, an dem der Schall eintrifft (Immissionsort). [14] Nach einer groben Faustformel bewirkt eine Erhöhung des Schallpegels um 10 dB etwa eine Verdoppelung der psychoakustisch wahrgenommenen "Lautstärke" oder "Lautheit". [11]

Die von einer Windenergieanlage konstruktionsbedingt und typenabhängig maximal ausgehenden Schallemissionen werden durch den maximalen Schalleistungspegel (L_{max}) angegeben. Dieser verändert sich nicht proportional mit der Nennleistung oder Größe einer Anlage, sondern ist in einem bestimmten Bereich etwa zwischen 103 dB und 106 dB angesiedelt. So hat eine Nordex N 149 Anlage mit einer Nennleistung von 4,5 MW und einem Rotordurchmesser von 149 m einen maximalen Schalleistungspegel von 106 dB. [12] Bei einer sehr viel kleineren Enercon E-44 Anlage mit einer Nennleistung von 0,9 MW und einem Rotordurchmesser von nur 44 m, beträgt der maximale Schalleistungspegel bei 103 dB. [8]

Die Tabelle 8 zeigt einen Überblick verschiedener marktüblicher Typen von Windenergieanlagen nach den Parametern Nennleistung, Rotordurchmesser, Nabenhöhe und maximaler Schalleistungspegel sowie die Anlaufwindgeschwindigkeit. Auf der Grundlage der vorhergehenden Feststellungen und Bewertungen werden nur Anlagen mit 3,45 MW Nennleistung und mehr betrachtet. Dargestellt ist nur eine beschränkte Auswahl von am Markt verfügbarer Anlagentypen, da nicht alle Hersteller Angaben zu Schallemissionen und Anlaufwindgeschwindigkeit machen.

Hersteller/Modell	Nennleistung	Rotordurchmesser	Maximale Nabenhöhe	Max. Schalleistungspegel	Anlaufwindgeschwindigkeit ²
Nordex N149 [12]	4,5 MW	149 m	164 m	106,1 dB	3 m/s
Nordex N149 [13]	4,0 MW	149 m	164 m	103,6 dB	3 m/s
Nordex N133	4,8 MW	133 m	110 m	106 dB	k. A.
Senvion 4.2M148 [16]	4,2 MW	148 m	k. A.	105 dB	3 m/s
Vestas V150-4.2 [17]	4,2 MW	150 m	k. A.	104,9 dB	3 m/s
Vestas V136 [18]	4,2 MW	136 m	k. A.	103,9 dB	3 m/s
Vestas V126 [19]	3,45 MW	126 m	166 m	k. A.	3 m/s

Tabelle 8: Zuordnung von Schallemissionspegel und Anlaufwindgeschwindigkeiten zu marktüblichen Windenergieanlagen (Quelle: Diverse Quellen)

Aus der Tabelle 8 wird deutlich, dass kein direkter Zusammenhang zwischen der Nennleistung bzw. dem Rotordurchmesser und den verursachten Schallemissionen nachweisbar ist. Der Schallpegel steigt zwar tendenziell mit der Größe des Rotordurchmessers und der

² Windkraftanlagen werden von einer Regelelektronik bei einer bestimmten Windgeschwindigkeit in Betrieb genommen bzw. „angefahren“. Dieser vom Hersteller der Windenergieanlage typenabhängig festgelegte Wert der Mindestwindstärke für die Inbetriebnahme wird als „Anlaufwindgeschwindigkeit“ bezeichnet.

Nennleistung, jedoch nicht linear, sondern variiert typenabhängig und ist offenbar von einer komplexeren Konstellation verschiedener Konstruktionsmerkmale abhängig.

VII. Referenzanlage

Aufgrund des derzeitigen Ausbaustands und der jährlichen Entwicklung von neuinstallierten sowie der zur Genehmigung beantragten Windenergieanlagen, kann die Annahme getroffen werden, dass in einigen Jahren die 4-MW-Klasse nach technischen und wirtschaftlichen Maßstäben der Standard bei Windenergieprojekten an Land sein wird. Diese Annahme wird auch durch andere Prognosen gestützt. [4]

Die ausgewerteten Daten zeigen zudem eine Tendenz zum zunehmenden Einsatz großer Anlagen mit mindestens 5 MW Nennleistung und einem Rotordurchmesser von mehr als 160 m. Eine ergänzende Auswertung der Parameter der Windenergieanlagen, die in den Jahren 2019 bis 2020 im Land Brandenburg genehmigt bzw. beantragt wurden, gibt allerdings auch einen deutlichen Hinweis darauf, dass zukünftig auch weiter kleinere Anlagen zum Einsatz kommen werden (siehe Abschnitt VII.1). Es erscheint insoweit nicht begründet, die größten marktverfügbaren Anlagentypen als allein maßgeblich zu anzusehen. Im Ergebnis einer abwägenden Gesamtbetrachtung ist es daher gerechtfertigt, die Parameter einer Referenzanlagen von den heute etablierten Modellen der 4-MW-Klasse abzuleiten.

Für Anlagen der 4-MW-Klasse lassen sich Rotordurchmesser zwischen 136 m und 150 m ermitteln. Auf Grund der vorangegangenen Überlegungen kann als Referenzwert der Mittelwert aus Tabelle 8 von 145 m angesetzt werden.

Für die Bestimmung des Schalleistungspegels einer Referenzanlage könnte zunächst daran gedacht werden, dass der höchste nachgewiesene Schalleistungspegel von 106 dB als Referenzwert festgesetzt wird, um eine möglichst hohe Grenze der Sicherheit bei den darauf aufbauenden Abwägungsentscheidungen zu gewährleisten. Eine solche Bewertung würde indes besonders laute Typen von Windenergieanlagen bevorzugen und für die Hersteller und Betreiber keinen Anreiz darstellen, möglichst emissionsarme Anlagen herzustellen bzw. einzusetzen. Anlagen mit niedrigeren Schallemissionswerten würden im Wettbewerb benachteiligt, da Standorte an denen ihr Betrieb immissionsschutzrechtlich noch möglich wäre, ausgeschlossen würden. Im Sinne eines guten Standards des Immissionsschutzes ist es jedoch auch nicht sinnvoll, sich ausschließlich an der unteren Grenze der Sicherheit, also den am wenigsten emittierenden Anlagentypen zu orientieren.

Um einen Mittelweg zu wählen, erscheint es sinnvoll, die beiden lautesten Anlagentypen nicht zu berücksichtigen (Nordex N149; 106 dB und Nordex N133; 106 dB) und den Referenzwert auf den Mittelwert der übrigen in der Tabelle 8 dargestellten Schalleistungspegel festzusetzen. Dieser Wert beträgt gerundet 104 dB.

Bei den Anlaufwindgeschwindigkeiten zeigen alle untersuchten Windenergieanlagentypen keine Unterschiede. Der Referenzwert kann auf 3 m/s festgelegt werden.

Für die Festlegung des Referenzwertes für die Nabenhöhe ergibt sich keine eindeutige Bezugsgröße, da nach den Angaben der Hersteller, die Turbinen eines bestimmten Typs auf unterschiedlichen Mastkonstruktionen montiert werden können. Mit Bezugnahme auf die Referenzanlagen 2 und 3 und unter besonderer Berücksichtigung von Schwachwindstandorten, erscheint hier die Festlegungen eines Referenzwertes von 150 m gerechtfertigt.

Im Ergebnis dieser Überlegungen und Bewertungen können, für die bei der Ausarbeitung des Plankonzepts zur Festlegung von Eignungsgebieten für die Windenergienutzung im Regionalplan Havelland-Fläming 3.0 zu treffenden Abwägungsentscheidungen folgende Parameter einer Referenzanlagen festgelegt werden:

- Nennleistung: 4 MW
- Rotordurchmesser: 145 m,
- Nabenhöhe: 150 m
- Gesamthöhe: 230 m
- Maximaler Schalleistungspegel: 104 dB
- Anlaufwindgeschwindigkeit: 3 m/s

Zum Vergleich werden nachfolgend die Parameter von gegenwärtig am Markt verfügbaren Windenergieanlagen der 4-WM-Klasse dargestellt:

Hersteller / Modell	Nennleistung	Rotordurchmesser	Gesamthöhen
Enercon E-138	4,2 MW	138 m	200 m/230 m
Nordex N149	4,5 MW	149 m	200 m/230 m
Senvion 4.2M148	4,2 MW	148 m	200 m/230 m
Siemens DD-142	4,1 MW	142 m	200 m/230 m
Vestas V150-4.2	4,2 MW	150 m	200 m/230 m

Tabelle 9: Marktverfügbare WEA der 4-MW-Klasse [9]

Die Festlegung der Referenzparameter hat keinen normativen Charakter und stellt auch kein Planungskriterium im Sinne von Ausschlusskriterien dar, sondern dient lediglich der Orientierung und Ausrichtung der im Einzelfall zu treffenden Abwägungsentscheidungen.

VII.1 Nachtrag: Überprüfung an Hand genehmigter und beantragter Anlagen 2019 – 2020

	Nennleistung [MW]	Nabenhöhe [m]	Rotordurchmesser [m]
Land Brandenburg (Durchschnitt)	3,3	138	120
Land Brandenburg (maximale Werte)	4,2	164,5	150
Region Havelland-Fläming (Durchschnitt)	4,6	140	130
Region Havelland-Fläming (maximale Werte)	5,7	164	162
Durchschnitt über alle Werte (gerundet)	4,4	152	140

Die Angaben für das gesamte Land Brandenburg basieren auf genehmigten Anlagen. (Quelle: Landesamt für Umwelt)

Die Angaben für die Region Havelland-Fläming beziehen sich auf beantragte Anlagen. (Quelle: Regionale Planungsstelle Havelland-Fläming)

VIII. Quellen:

- [1] Agentur für erneuerbare Energien (2019): Landesinfo: Brandenburg (BB), Link: https://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/BB/kategorie/wind/auswahl/486-durchschnittliche_le/versatz/1/#goto_486, geprüft: 03.04.2019.
- [2] Bundesnetzagentur (2019): Anlagenregister 2019.
- [3] Bundesverband WindEnergie (2018): Schallimmissionen von Windenergieanlagen, Link: https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/01-mensch-und-umwelt/05-schall/20181123_BWE_Informationspapier_Schall_und_WEA.pdf, geprüft: 08.04.2019.
- [4] Deutsche WindGuard (2017): Kostendruck und Technologieentwicklung im Zuge der ersten Ausschreibungsrunde für die Windenergie an Land, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) Referat I C 4, Link: https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Studien/kostendruck_und_technologieentwicklung_im_zuge_der_ersten_ausschreibungsrunden_fuer_die_windenergie_an_land.pdf?__blob=publicationFile&v=2vb geprüft 10.04.2019
- [5] Deutsche WindGurad (2019): Status des Windenergieausbaus an Land in Deutschland – Jahr 2018: Link: https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/pressemitteilungen/2019/20190129_Factsheet_Status_des_Windenergieausbaus-Jahr_2018.pdf, geprüft: 02.04.2019.
- [6] Enercon (2019)a: Produkte: Link: <https://www.enercon.de/produkte/ep-3/e-101/>, geprüft: 02.04.2019.
- [7] Enercon (2019)b: Produkte: Link: <https://www.enercon.de/produkte/ep-3/e-115/>, geprüft: 03.04.2019.
- [8] Enercon (2019)c: Produkte: Link: <https://www.enercon.de/de/produkte/ep-1/e-44/>, geprüft: 03.04.2019.
- [9] Fachagentur für Windenergie an Land (2019): Überblick Windenergie an Land: Wirkung von Höhenbegrenzungen auf den Flächenbedarf für Windenergieanlagen an Land, S. 4, Link: https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/Faktenpapiere/FA_Wind_Hoehenbegrenzungen_Wind-an-Land_03-2019.pdf, geprüft: 03.04.2019.
- [10] Fairaudio (2019): Lexikon: Dezibel, Link: <https://www.fairaudio.de/lexikon/dezibel/>, geprüft: 03.04.2019.
- [11] LfU Bayern (2017): Lärm – Hören, messen, bewerten, Link: https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_34_laerm_messen_bewerten.pdf, geprüft: 03.04.2019.
- [12] Nordex (2019)a: Produkte & Services: N149/4.0-4.5, Link: http://www.nordex-online.com/fileadmin/MEDIA/Produktinfos/Nordex_Delta4000_Broschuere_de.pdf, geprüft: 23.04.2019.
- [13] Nordex (2019)b: Produkte & Services: N133/4.8, Link: http://www.nordex-online.com/fileadmin/MEDIA/Produktinfos/Nordex_Delta4000_Broschuere_de.pdf, geprüft: 23.04.2019.
- [14] Regionale Planungsstelle Havelland Fläming: Interne Datenbank, Verfahren und Planungen, fortlaufende Aktualisierung.
- [15] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) https://www.jurion.de/gesetze/ta_laerm/6.1/

- [16] Senvion (2019): Produkte & Services: 4.2M148 EBC, Link: <https://www.senvion.com/global/de/produkte-services/windenergieanlagen/4xm/42m148-ebc/>, geprüft: 23.04.2019.
- [17] Vestas (2019)a: Products: 4 MW Plattform: V150-4.2 MW: Link: https://www.vestas.com/en/products/4-mw-platform/v150-4_2_mw, geprüft: 23.04.2019.
- [18] Vestas (2019)b: Products: 4 MW Plattform: V136-4.2 MW: Link: https://www.vestas.com/en/products/4-mw-platform/v136-4_2_mw, geprüft: 23.04.2019.
- [19] Vestas (2019)c: Products: 4 MW Plattform: V126-3.45 MW: Link: https://www.vestas.com/products/4-mw-platform/v126-3_3_mw#!options-available, geprüft: 23.04.2019.