



Standortqualitäten von Windenergieanlagen

Bundesweite Auswertung windenergiespezifischer Daten
im Anlagenregister (§ 6 EEG 2014) für den Meldezeitraum
August 2014 bis Februar 2016

Impressum

© FA Wind, Mai 2016

Herausgeber:

Fachagentur Windenergie an Land
Fanny-Zobel-Straße 11 | 12435 Berlin

V.i.S.d.P.: Axel Tscherniak

Die Fachagentur zur Förderung eines natur- und umweltverträglichen Ausbaus der Windenergie an Land e.V. ist ein gemeinnütziger Verein. Er ist eingetragen beim Amtsgericht Charlottenburg, VR 32573 B

Autor:

Jürgen Quentin

Zitiervorschlag:

FA Wind (2016): Analyse der Standortqualitäten von Windenergieanlagen, Berlin

Haftungsausschluss:

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

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Inhalt

| | |
|---|----|
| Zusammenfassung | 4 |
| 1. Vorbemerkung | 4 |
| 2. Auswertungsgrundlage..... | 5 |
| 3. Bundesländerspezifische Verteilung der Windenergieleistung nach Standortqualitäten | 6 |
| 4. Standortqualitäten im Vergleich mit spezifischen Anlagenparametern | 8 |
| 5. Anhang | 10 |
| 5.1 Qualitätskontrolle der analysierten Stichprobe | 10 |
| 5.2 Detaillierte Auswertung der Standortqualitäten registrierter Windenergieanlagen | 12 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| Abbildung 1: Verteilung der Anlagenleistung mit Standortqualitäten in den Flächenländern Deutschlands | 6 |
| Abbildung 2: Darstellung der spezifischen Flächenleistung in Bezug zur Standortqualität von Windenergieanlagen..... | 8 |
| Abbildung 3: Darstellung der Nabenhöhe in Bezug zur Standortqualität von Windenergieanlagen..... | 9 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Stichprobenumfang analysierte WEA-Leistung | 5 |
| Tabelle 2: Länderspezifische Verteilung der WEA-Leistung in der Stichprobe und im Gesamtdatensatz | 10 |
| Tabelle 3: Vergleich der durchschnittlichen Anlagenleistung der Stichprobe mit gesamtem Stammdatenumfang für einzelne Bundesländer | 11 |
| Tabelle 4a: WEA-Standortqualitäten unterhalb von 75 Prozent | 12 |
| Tabelle 4b: WEA-Standortqualitäten zwischen 75 und 95 Prozent | 13 |
| Tabelle 4c: WEA-Standortqualitäten zwischen 95 und 115 Prozent | 13 |
| Tabelle 4d: WEA-Standortqualitäten größer 115 Prozent | 14 |

Zusammenfassung

Grundlage der Datenauswertung sind die im Anlagenregister der Bundesnetzagentur erfassten Windenergieanlagen an Land für den Meldezeitraum August 2014 bis Februar 2016. Bei knapp 30 Prozent dieser Anlagen liegen Informationen zur prognostizierten Standortqualität (Verhältnis der Ertragserwartung zum Referenzertrag) vor. Diese umfassen 1.188 Anlagen mit 3.119 MW Gesamtleistung. Die Abweichungen dieser Stichprobe von dem insgesamt erfassten Windenergieanlagenumfang liegen im einstelligen Prozentbereich. Die Analyse der mit der Stichprobe erfassten Windenergiekapazität im Anlagenregister zeigt:

- In Bayern und Baden-Württemberg weisen jeweils mehr als 90 Prozent der Anlagenleistung eine Standortqualität unterhalb von 80 Prozent auf.
- In Schleswig-Holstein hat mehr als die Hälfte der Anlagenleistung Standortqualitäten oberhalb von 90 Prozent des Referenzertrages. In Mecklenburg-Vorpommern sind es rund 40 Prozent, in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt über 30 Prozent der betrachteten Windenergiekapazität, die entsprechend gute Standortqualitäten haben.
- In den übrigen Regionen zeigt sich ein heterogenes Bild: In Nordrhein-Westfalen lassen mehr als zwei Drittel der Anlagenkapazität eine Standortqualität größer 80 Prozent erkennen. In Sachsen-Anhalt zeigt sich ein ähnliches Bild wie in NRW, mit einer höheren Quote sehr guter Standorte (90 Prozent oder mehr). Auch das Saarland weist in den Kategorien oberhalb 70 Prozent vergleichbare Anteile wie NRW auf. In Brandenburg dominiert die Anlagenleistung mit einer Standortgüte zwischen 80 und 90 Prozent. In Rheinland-Pfalz, Sachsen und Thüringen werden für mehr als die Hälfte der analysierten Windenergieleistung Standortqualitäten bis 80 Prozent angegeben. In Hessen sind es knapp 70 Prozent in diesem Bereich.
- Die Betrachtung der Standortqualitäten in Bezug auf die spezifische Flächenleistung verschiedener Anlagentypen lässt erkennen, dass Schwachwindanlagen mit einer Flächenleistung bis 265 W/m² fast ausnahmslos Standortqualitäten unterhalb von 90 Prozent aufweisen. Demgegenüber wurden Anlagen mit einer Flächenleistung größer 400 W/m² an Standorten aller Qualitäten projektiert.
- Die Analyse der Zusammenhänge zwischen Standortqualität und Anlagenhöhe zeigt, dass insbesondere in Schleswig-Holstein und Niedersachsen auch bei relativ niedrigen Nabenhöhen sehr hohe Standortqualitäten erreicht werden.

1. Vorbemerkung

Bei der Registrierung von Windenergieanlagen an Land in dem von der Bundesnetzagentur (BNetzA) geführten Anlagenregister werden Angaben aus den standardisierten Windgutachten für den Anlagenstandort abgefragt,¹ darunter eine Ertragseinschätzung sowie »das Verhältnis der Ertragseinschätzung zum Referenzertrag nach Anlage 2 EEG« in Ziff. 7.7.5 des Meldeformulars. Das Verhältnis des Ertrages bzw. der Ertragseinschätzung zum Referenzertrag² wird auch als Standortqualität oder Standortgüte bezeichnet.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sieht für Strom aus Windenergieanlagen an Land eine (erhöhte) Anfangsvergütung für einen Mindestzeitraum von fünf Jahren vor. Nach Ablauf dieser Zeit bemisst sich die weitere Vergütungshöhe nach der tatsächlichen Standortqualität der Anlage.³ Je geringer

¹ Vgl. Ziff. 7.7 in den Erläuterungen des Formulars zur Meldung von Erneuerbare-Energien-Anlagen an die BNetzA (Stand: Version 9h - 03.03.2016); http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Anlagenregister/Erlaeuterung_Anmeldung_Anlagenregister.pdf?__blob=publicationFile&v=6

² Der Referenzertrag ist die Strommenge eines bestimmten Anlagentyps, die an einem definierten Referenzstandort rechnerisch erbracht wird; vgl. hierzu Anlage 2 (zu § 49) im EEG 2014. Der Referenzstandort entspricht einer Standortqualität von 100 Prozent. Zur Bestimmung der Standortqualität eines Anlagenstandortes wird der prognostizierte Stromertrag der Windturbine mit dem Referenzertrag der betreffenden Anlage ins Verhältnis gesetzt. Der Quotient gibt den prozentualen Mehr-/Minderertrag an, den die Anlage im Vergleich zum Referenzstandort liefert. Die Standortqualität, also das Verhältnis der Ertragseinschätzung zum Referenzertrag, ist folglich technologie- und standortabhängig.

³ Während die ermittelte Standortqualität im Rahmen der Windenergieprojektierung auf einer Ertragseinschätzung beruht, wird bei der Bestimmung der Standortqualität für eine Verlängerung der Anfangsvergütung auf die realen Stromerzeugungsmengen der ersten fünf Betriebsjahre der Anlage abgestellt. Dabei kann es zu Abweichungen kommen zwischen der anfänglichen Einschätzung der Standortqualität, auf der Grundlage von Ertragsprognosen, und der errechneten Standortqualität, basierend auf der tatsächlich erzeugten Strommenge in den ersten fünf Betriebsjahren.

die Standortqualität, sprich je windschwächer der Standort ist, desto länger wird die erhöhte Anfangsvergütung gezahlt. Die Standortqualität wird in Prozent des Referenzertrages angegeben. Das Referenzertragsmodell soll die Divergenz der Erträge an unterschiedlich windhöffigen Standorten ausbalancieren und dadurch den flächendeckenden Ausbau der Windenergie in Deutschland unterstützen.

Die Fachagentur Windenergie an Land (FA Wind) hat die im Anlagenregister im Zeitraum August 2014 bis Februar 2016 (veröffentlicht am 31.03.2016) erfassten Stammdaten von Windenergieanlagen an Land (WEA) hinsichtlich der angegebenen Standortqualität und deren bundesländerspezifische Verteilung ausgewertet. Die Ergebnisse der Analyse sind im Folgenden dargelegt.

2. Auswertungsgrundlage

Für den Zeitraum August 2014 bis Februar 2016 erfasst die BNetzA 4.144 Windenergieanlagen mit einer elektrischen Mindestleistung von 600 kW,⁴ die aus folgenden Gründen registriert wurden: Genehmigungserteilung, Anlageninbetriebnahme, Verlängerung der Anfangsvergütung sowie Leistungsänderung der Anlage. Anlagen für die eine Verlängerung der Anfangsvergütung beantragt wurde, gingen ganz überwiegend im Jahr 2010 in Betrieb.⁵ Registrierte Inbetriebnahmen datieren aus den Jahren 2014 (993 WEA, 2.687,5 MW), 2015 (1.391 WEA, 3.788,7 MW) und 2016 (97 WEA, 263,3 MW). Die registrierten Anlagenstammdaten umfassen eine elektrische Gesamtleistung von 10.962,6 MW. Von diesen 4.144 Datensätzen beinhalten 1.204 Meldungen Angaben zum Verhältnis der Ertragseinschätzung zum Referenzertrag – also der prognostizierten Standortqualität der Anlage. Die Auswertung beschränkt sich auf die Anlagen und Standorte in den bundesdeutschen Flächenländern. Registerinträge von Anlagen in Berlin, Bremen und Hamburg wurden aufgrund der geringen Datenmenge nicht untersucht.⁶ Nach einer Plausibilitätsprüfung⁷ der Angaben reduzierte sich die zu analysierende Stichprobe auf 1.188 Anlagen mit 3.118,5 MW Leistung. Tabelle 1 veranschaulicht den ausgewerteten Stichprobenumfang, aufgeschlüsselt nach Bundesland und Meldegrund. Die Werte geben (bis auf Zahlen in der letzten Spalte) jeweils die erfasste Anlagenleistung in Megawatt (MW) an.

Tabelle 1: Stichprobenumfang analysierte WEA-Leistung, Angaben in Megawatt; Datenbasis BNetzA (03/2016)

| Bundesland \ Meldegrund | Genehmigung | Inbetriebnahme | Verlängerung Anfangsvergütung | Leistungsänderung | Summe Leistung | Anzahl Anlagen |
|---------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Baden-Württemberg | 35,4 | 42,9 | 5,2 | | 83,4 | 31 |
| Bayern | 22,9 | 168,3 | 23,4 | | 214,5 | 86 |
| Brandenburg | 64,3 | 132,1 | | | 196,4 | 78 |
| Hessen | 92,7 | 124,5 | 15,3 | | 232,5 | 88 |
| Mecklenburg-Vorpommern | 26,4 | 159,7 | | 11,5 | 197,6 | 72 |
| Niedersachsen | 116,0 | 282,2 | 69,2 | | 467,4 | 182 |
| Nordrhein-Westfalen | 35,5 | 339,1 | 27,1 | | 401,6 | 158 |
| Rheinland-Pfalz | 59,0 | 183,2 | 32,2 | | 274,4 | 106 |
| Saarland | 19,2 | 52,2 | | | 71,4 | 28 |
| Sachsen | | 16,2 | 16,1 | | 32,3 | 17 |

⁴ Registrierte (Klein-)Windenergieanlagen mit einer geringeren spezifischen Erzeugungsleistung als 600 kW blieben in der Analyse unberücksichtigt.

⁵ 550 WEA (1.083 MW) wurden im Kalenderjahr 2010 in Betrieb genommen, 25 Anlagen (55 MW) im Januar und Februar 2011. Eine Anlage nahm im Dezember 2009 den Betrieb auf.

⁶ In den drei Stadtstaaten waren, Stand Ende Februar 2016, zusammen 12 WEA (27,3 MW) im Anlagenregister erfasst.

⁷ Bei vier Datensätzen werden Standortqualitäten zwischen 15 und 20 Prozent angegeben, die in Verbindung mit den benannten Anlagentypen und Bundesländern als nicht nachvollziehbar ausgedeutet wurden.

| Meldegrund Bundesland | Genehmigung | Inbetriebnahme | Verlängerung Anfangsvergütung | Leistungsänderung | Summe Leistung | Anzahl Anlagen |
|--------------------------|--------------|----------------|-------------------------------|-------------------|----------------|----------------|
| Sachsen-Anhalt | 74,1 | 242,6 | 15,0 | | 331,7 | 119 |
| Schleswig-Holstein | 75,8 | 456,9 | 44,4 | | 577,1 | 207 |
| Thüringen | 3,1 | 29,2 | 6,0 | | 38,3 | 16 |
| Gesamt | 624,4 | 2.229,1 | 253,9 | 11,5 | 3.118,5 | 1.188 |

Aus der Tabelle wird deutlich, dass rund 20 Prozent des Stichprobenumfangs genehmigte Anlagenleistung umfasst, deren Realisierung zum Zeitpunkt der Datenabfrage noch ausstand. Acht Prozent der untersuchten Anlagenleistung entstammen Meldungen zur Verlängerung der Anfangsvergütung. Anlagen in dieser Teilmenge gingen fast ausnahmslos im Jahr 2010 in Betrieb.⁸ 70 Prozent der WEA-Kapazität in der Stichprobe wurde zwischen August 2014 und Februar 2016 neu in Betrieb genommen.

Die Daten der Stichprobe wurden anhand verschiedener Methoden bezüglich ihrer Aussagekraft für die insgesamt erfassten Anlagenstammdaten geprüft und als hinreichend repräsentativ bewertet.⁹

Bezugsgröße für die Analyse der Standortqualitäten von Windenergieanlagen ist jeweils die mit den Stammdaten angegebene elektrische Nennleistung der Windturbinen.

3. Bundesländerspezifische Verteilung der Windenergieleistung nach Standortqualitäten

Die Ausweisung der mit der Stichprobe erfassten Standortgüte von Windenergieanlagen erfolgt in den einzelnen Bundesländer jeweils für vier Kategorien: Anlagen unter 70 Prozent, 70 bis 80 Prozent, 80 bis 90 Prozent sowie Anlagen mit einer Standortqualität von mehr als 90 Prozent des Referenzertrages. Abbildung 1 zeigt für die einzelnen Länder jeweils den prozentualen Anteil der Windenergieleistung je Standortqualitätskategorie.

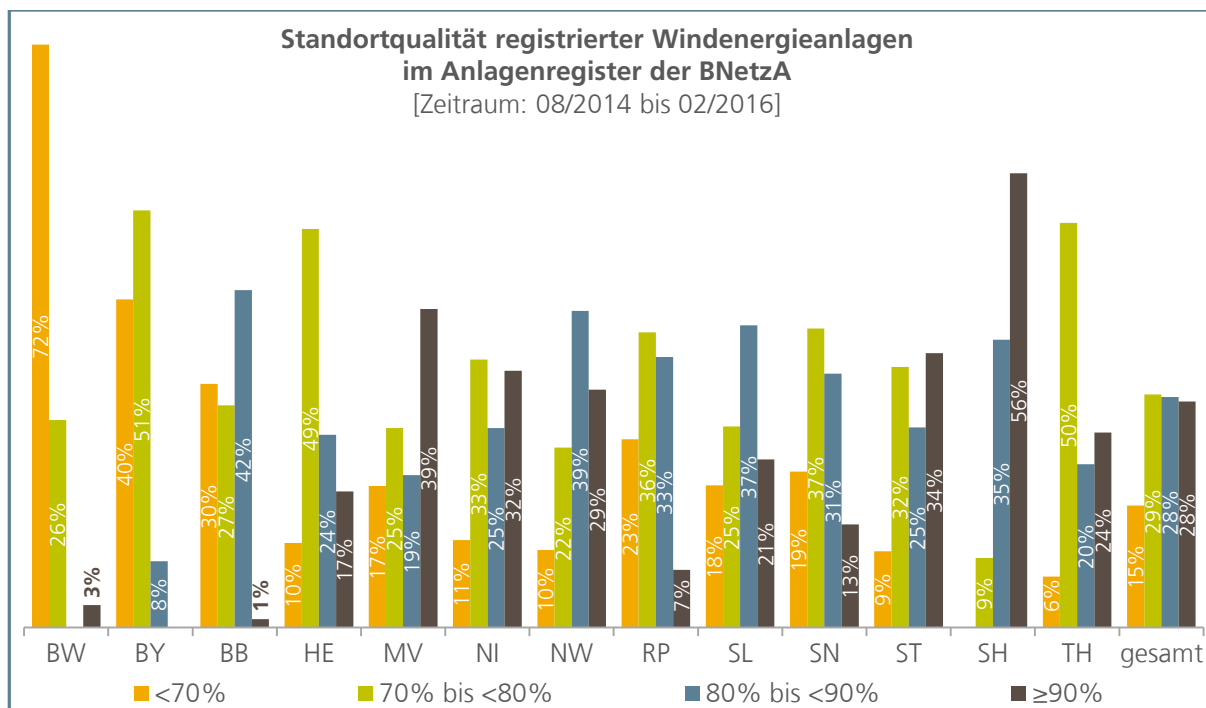


Abbildung 1: Verteilung der Anlagenleistung mit Standortqualitäten in den Flächenländern Deutschlands; Auswertung auf Datenbasis BNetzA (03/2016); Graphik: FA Wind

⁸ Vgl. auch oben Fn. 5.

⁹ Ausführlich hierzu unten in Kapitel 5.1.

Aus der Graphik wird deutlich, dass die analysierte Windenergieleistung über alle Bundesländer hinweg in drei der vier gewählten Standortqualitätskategorien relativ gleichmäßig verteilt ist. Jeweils rund 28 Prozent der betrachteten Anlagenkapazität ist den Kategorien 70 bis 80, 80 bis 90 sowie über 90 Prozent bezogen auf den Referenzertrag zuzuordnen. 15 Prozent der bundesweit erfassten Anlagenkapazität weist eine Standortgüte von weniger als 70 Prozent auf. Windenergieanlagen mit Standortgüten bis 50 Prozent wurden für Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen gemeldet. Außer in Rheinland-Pfalz sind dies relativ kleine Anlagen.¹⁰

Einen auffallend hohen Anteil an Anlagen mit einer Standortqualität **unterhalb von 70 Prozent** verzeichnet Baden-Württemberg. 60 von 83,4 MW bzw. 72 Prozent der dort registrierten Anlagenleistung sind dieser Kategorie zuzuordnen. Ein Blick auf die einzelnen Anlagentypen in diesem Bereich zeigt, dass überwiegend Schwachwindanlagen vom Typ GE 2.75 (6 WEA) Vestas V 126 (7 WEA), Nordex N 117 (14 WEA) jeweils auf sehr hohen Türmen (137 bis 140 m) projektiert wurden. Ein ebenfalls hoher Anteil von Anlagen in der Kategorie bis 70 Prozent ist in Bayern registriert. Hier sind es 40 Prozent der Anlagenleistung bzw. 86,8 von 214,5 MW. Das Bild der dortigen Anlagentypen stellt sich differenzierter dar: von 33 WEA in dieser Standortgüte-Kategorie sind 17 schwachwindoptimierte Turbinen, darunter 10 Nordex N 117 und 6 Vestas V 112. Bei den restlichen 16 Anlagen überwiegen Enercon E-92 (7 WEA) und E-101 (5 WEA).

Nach Baden-Württemberg und Bayern weist Brandenburg den drittgrößten Leistungsanteil mit Standortqualitäten unter 70 Prozent aus, wobei es sich dabei um Enercon Anlagentypen E-70, E-82 und E-101 handelt. Auch Sachsen, Rheinland-Pfalz sowie das Saarland haben überdurchschnittlich hohe Anteile an Windenergieleistung mit Standortqualitäten unterhalb 70 Prozent.

Die relativ größten Leistungsanteile in der Kategorie **70 bis 80 Prozent** Standortqualität zeigen sich für Bayern, Hessen und Thüringen, wo jeweils die Hälfte der analysierten Anlagen innerhalb dieser Kategorie eingestuft wurde. In diesen Ländern dominieren in dieser Güteklasse bei den Anlagentypen Nordex N117 (35 WEA) und GE 2.5-120 (19 WEA) mit 140 Metern Nabenhöhe. In Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt und Sachsen ist jeweils rund ein Drittel der Anlagenleistung dieser Kategorie zuzuordnen, wobei in Niedersachsen die E-82 von Enercon der häufigste Anlagentyp in dieser Kategorie ist. Auffällig ist, dass hier der Meldegrund hauptsächlich die Verlängerung der Anfangsvergütung ist. In Sachsen-Anhalt sind neben der E-82 auch die E-101 sowie von Siemens der Typ SWT 3.0 113 in dieser Kategorie vertreten. In Rheinland-Pfalz dominieren in dieser Qualitätskategorie die E-101 von Enercon und die V112 von Vestas, während in Sachsen für die E-82 von Enercon die meisten Meldungen, zur Hälfte aufgrund der Verlängerung der Anfangsvergütung, mit Standortqualitäten zwischen 70 und 80 Prozent vorliegen.

Die Kategorie **80 bis 90 Prozent** dominiert bei der analysierten Anlagenleistung in den Bundesländern Brandenburg, Nordrhein-Westfalen und im Saarland. In dieser Qualitätskategorie überwiegt im Saarland und in Brandenburg der schwachwindoptimierte Anlagentyp N117 von Nordex. In Schleswig-Holstein, Rheinland-Pfalz und Sachsen lässt sich jeweils rund ein Drittel der erfassten Anlagenleistung der Kategorie 80 bis 90 Prozent zuordnen. Der häufigste Anlagentyp in dieser Kategorie stammt in Schleswig-Holstein von Senvion (3.2M 114). In NRW, Rheinland-Pfalz und Sachsen kristallisiert sich kein dominierender Anlagentyp heraus. Bemerkenswert wenige Anteile in dieser Leistungsklasse werden für Bayern (8%) und Baden-Württemberg (0%) ausgewiesen

In den Küstenländern Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern dominieren die Anlagenleistungsanteile mit **mehr als 90 Prozent** Standortgüte. Auch in Nordrhein-Westfalen gibt es in der ausgewerteten Anlagenleistung einen beachtlich hohen Anteil (29%) mit Standortqualitäten oberhalb von 90 Prozent. Die Betrachtung der dortigen Anlagentypen in dieser Kategorie zeigt, dass die sehr guten Standortqualitäten in NRW überwiegend Senvion 3.2M 114 sowie Enercon E-115 und E-101 aufweisen. Überraschend hohe Anteile in dieser Kategorie zeigen sich für das Saarland und Thüringen, wo jeweils über 20 Prozent der registrierten Erzeugungskapazität entsprechend hohe Standortqualitäten ausweisen. Möglicherweise handelt es sich hierbei um Ausreißer einer relativ geringen Datengrundlage von insgesamt 16 (Thüringen) bzw. 28 (Saarland) Anlagen in der Stichprobe.

¹⁰ Von sieben WEA mit einer Standortgüte bis 50 Prozent, haben vier eine spezifische Anlagenleistung von 0,8 MW,

4. Standortqualitäten im Vergleich mit spezifischen Anlagenparametern

In einem weiteren Schritt wurden die Angaben zur Standortqualität der 1.188 Windenergieanlagen in der Stichprobe in Bezug zur Flächenleistung der jeweiligen Anlagentypen gesetzt. Die spezifische Flächenleistung errechnet sich aus dem Quotienten der installierten Anlagenleistung und der Rotorkreisfläche. Die Flächenleistung einer Windenergieanlage wird üblicherweise in der Einheit Watt pro Quadratmeter [W/m^2] angegeben.

Die Berechnung der spezifischen Flächenleistung ergab Werte zwischen 221 W/m^2 (GE 2.5-120) und 581 W/m^2 (Enercon E-70, 2,3 MW). Abbildung 2 stellt die ermittelten Flächenleistungen der in der Stichprobe erfassten 1.188 Windenergieanlagen in Bezug zur Standortqualität dar. Auffallend ist die große Lücke zwischen ca. 436 W/m^2 (z.B. Enercon E-82, 2,3 MW) und 581 W/m^2 , in der nur zwei Meldungen vorliegen.

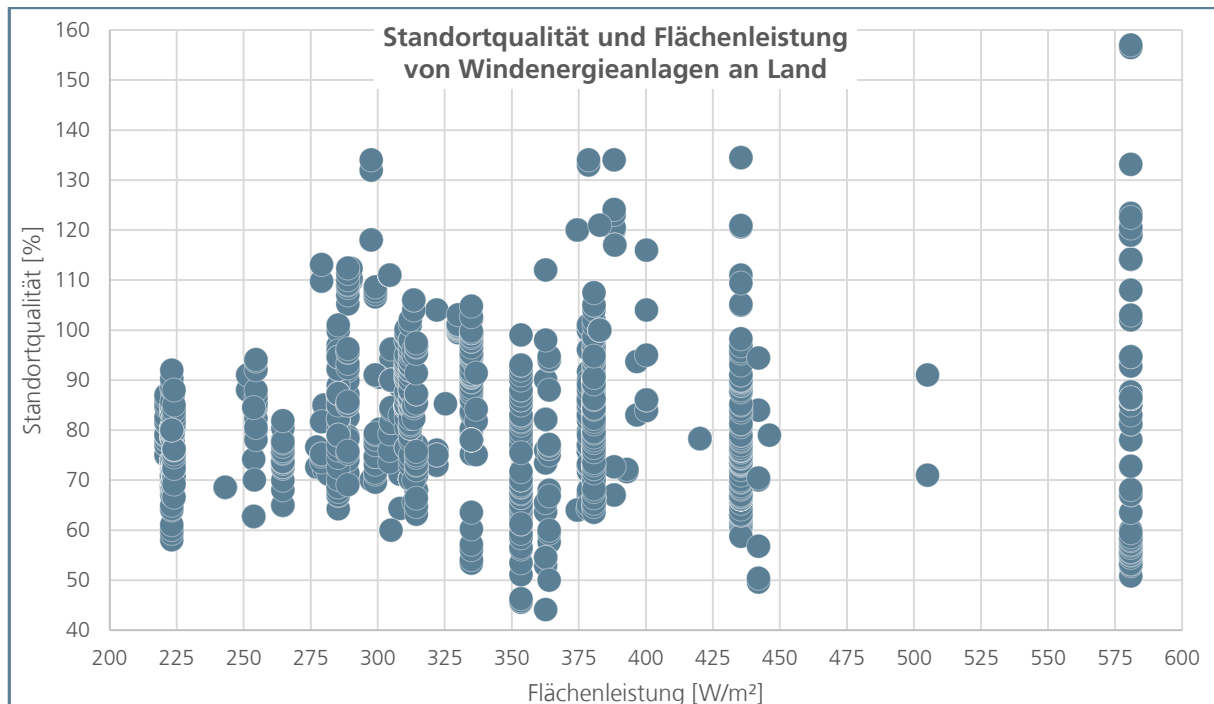


Abbildung 2: Darstellung der spezifischen Flächenleistung in Bezug zur Standortqualität von WEA; Berechnungen und Auswertung auf Datenbasis BNetzA (03/2016); Graphik: FA Wind

Tabelle 2 macht deutlich, dass Windenergieanlagen mit einer Flächenleistung bis 265 W/m^2 fast ausnahmslos Standortqualitäten unterhalb von 90 Prozent aufweisen. In diesem Bereich finden sich die Anlagentypen Nordex N117, Vestas V126, GE 2.5-120 und 2.75-120, Senvion MM100 sowie Vensys VS 112. Darüber hinaus ist erkennbar, dass Anlagen mit einer Flächenleistung größer 400 W/m^2 mit allen Standortqualitäten projektiert wurden. Beispielhaft zeigt sich dies für den Anlagentyp Enercon E-70 (581 W/m^2), der mit Standortqualitäten zwischen 50 und 157 Prozent im Anlagenregister erfasst sind.

Neben der Flächenleistung wurde auch die Standortqualität der ausgewerteten Windenergieanlagen in Bezug zur jeweiligen Nabenhöhe ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt. Hier fällt auf, dass mehr als die Hälfte (55%) der untersuchten Anlagen in der Stichprobe Nabenhöhen zwischen 135 und 150 Meter aufweisen.

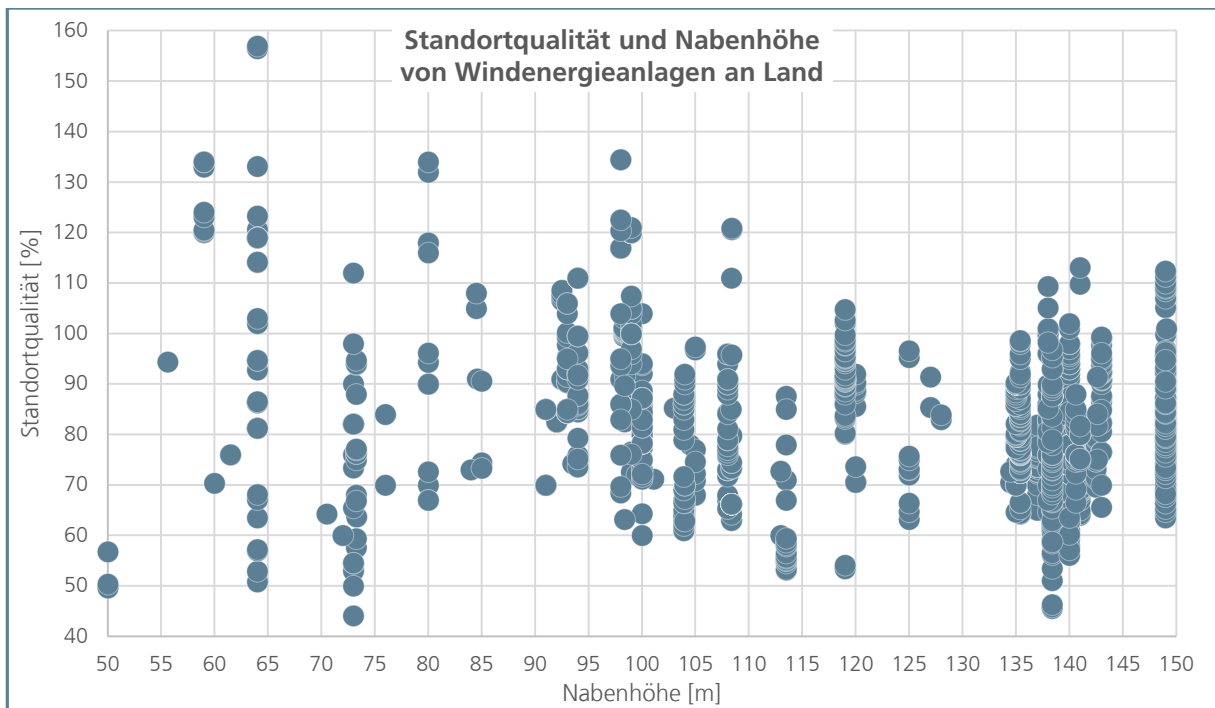


Abbildung 3: Darstellung der Nabenhöhe in Bezug zur Standortqualität von WEA; Berechnungen und Auswertung auf Datenbasis BNetzA (03/2016); Graphik: FA Wind

Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, dass sehr hohe Standortqualitäten auch bei relativ niedrigen Nabenhöhen erreicht werden können. Diese beschränken sich jedoch auf ganz wenige Bundesländer. Drei Viertel der 94 Anlagen mit Nabenhöhen unterhalb von 110 Metern und Standortqualitäten über 100 Prozent sind in Schleswig-Holstein verortet. Der Rest befindet sich insbesondere in Niedersachsen. Lediglich drei Anlagen sind in Nordrhein-Westfalen angesiedelt; eine Ertragseinschätzung mit mehr als 100 Prozent des Referenzertrages stammt aus Baden-Württemberg.

5. Anhang

5.1 Qualitätskontrolle der analysierten Stichprobe

Die Qualität des Stichprobenumfangs der analysierten Windenergieanlagen an Land wird anhand eines Vergleichs der bundesländerspezifischen Leistungsverteilung sowie anhand des Verhältnisses zwischen Leistungs- und Anlagenumfang überprüft. Hierzu wird in Tabelle 2 zunächst für jedes Bundesland die im Anlagenregister erfasste Windenergieleistung mit Angaben zur Standortqualität (Stichprobe) der insgesamt erfassten Windenergieleistung gegenübergestellt. Der Vergleich der Verteilung der prozentualen Länderanteile beider Datenmengen zeigt, dass in acht der dreizehn Flächenländer die Verteilungsquoten nur unwesentlich voneinander abweichen; hier bewegen sich die Differenzen unterhalb von zwei Prozentpunkten. In Bayern, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein liegen die Abweichungen mit 2,4 bis 3,5 Prozentpunkten geringfügig höher, wobei in Bayern und Schleswig-Holstein die Leistungsanteile in der Stichprobe etwas unterrepräsentiert sind, während in Sachsen-Anhalt der Stichprobenumfang geringfügig überrepräsentiert wird. In Brandenburg und Nordrhein-Westfalen liegen die Abweichungen bei 4,5 bzw. 4,1 Prozentpunkten. Hier ist der Stichprobenanteil für Brandenburg im Vergleich zum Stammdatenumfang unterrepräsentiert, während die in der Stichprobe erfasste Anlagenleistung in NRW über dem dortigen Leistungsanteil der Gesamtdatenmenge liegt. Sämtliche Abweichungen in der Stichprobe bewegen sich unterhalb von fünf Prozentpunkten, die Qualität der Stichprobe wird dadurch nicht wesentlich beeinflusst.

Tabelle 2: *Länderspezifische Verteilung der WEA-Leistung in der Stichprobe und im Gesamtdatensatz, Angaben in Megawatt; Datenbasis BNetzA (03/2016)*

| Bundesland | Stichprobe | | Stammdaten (gesamt) | | Δ Leistungsanteil [%] (Stichprobe/ Gesamt) |
|------------------------|----------------|---------------|---------------------|---------------|--|
| | Leistung [MW] | Anteil [%] | Leistung [MW] | Anteil [%] | |
| Baden-Württemberg | 83,4 | 2,7% | 418,7 | 3,8% | -1,2% |
| Bayern | 214,5 | 6,9% | 1.012,1 | 9,3% | -2,4% |
| Brandenburg | 196,4 | 6,3% | 1.172,7 | 10,8% | -4,5% |
| Hessen | 232,5 | 7,5% | 644,3 | 5,9% | 1,5% |
| Mecklenburg-Vorpommern | 197,6 | 6,3% | 600,3 | 5,5% | 0,8% |
| Niedersachsen | 467,4 | 15,0% | 1.530,6 | 14,1% | 0,9% |
| Nordrhein-Westfalen | 401,6 | 12,9% | 960,1 | 8,8% | 4,1% |
| Rheinland-Pfalz | 274,4 | 8,8% | 780,2 | 7,2% | 1,6% |
| Saarland | 71,4 | 2,3% | 131,4 | 1,2% | 1,1% |
| Sachsen | 32,3 | 1,0% | 156,3 | 1,4% | -0,4% |
| Sachsen-Anhalt | 331,7 | 10,6% | 772,7 | 7,1% | 3,5% |
| Schleswig-Holstein | 577,1 | 18,5% | 2.398,8 | 22,0% | -3,5% |
| Thüringen | 38,3 | 1,2% | 313,4 | 2,9% | -1,6% |
| Gesamt | 3.118,5 | 100,0% | 10.891,6 | 100,0% | 0,0% |

Tabelle 3: Vergleich der durchschnittlichen Anlagenleistung der Stichprobe mit gesamtem Stammdatenumfang für einzelne Bundesländer; Datenbasis BNetzA (03/2016)

| Bundesland | Stichprobe | | Stammdaten (gesamt) | | Ø WEA-Leistung [MW] Δ: Stichprobe/Gesamtdaten | | |
|------------------------|----------------|--------------|---------------------|--------------|--|--------------|--------------|
| | Leistung [MW] | Anlagen | Leistung [MW] | Anlagen | Stichprobe | Gesamtdaten | Δ |
| Baden-Württemberg | 83,4 | 31 | 418,7 | 156 | 2,689 | 2,684 | 0,2% |
| Bayern | 214,5 | 86 | 1.012,1 | 386 | 2,495 | 2,622 | -4,9% |
| Brandenburg | 196,4 | 78 | 1.172,7 | 468 | 2,518 | 2,506 | 0,5% |
| Hessen | 232,5 | 88 | 644,3 | 239 | 2,642 | 2,696 | -2,0% |
| Mecklenburg-Vorpommern | 197,6 | 72 | 600,3 | 229 | 2,745 | 2,621 | 4,7% |
| Niedersachsen | 467,4 | 182 | 1.530,6 | 591 | 2,568 | 2,594 | -1,0% |
| Nordrhein-Westfalen | 401,6 | 158 | 960,1 | 376 | 2,542 | 2,553 | -0,5% |
| Rheinland-Pfalz | 274,4 | 106 | 780,2 | 290 | 2,589 | 2,690 | -3,8% |
| Saarland | 71,4 | 28 | 131,4 | 51 | 2,551 | 2,576 | -1,0% |
| Sachsen | 32,3 | 17 | 156,3 | 65 | 1,899 | 2,405 | -21,1% |
| Sachsen-Anhalt | 331,7 | 119 | 772,7 | 293 | 2,787 | 2,637 | 5,7% |
| Schleswig-Holstein | 577,1 | 207 | 2.398,8 | 848 | 2,788 | 2,829 | -1,4% |
| Thüringen | 38,3 | 16 | 313,4 | 123 | 2,392 | 2,548 | -6,1% |
| Gesamt | 3.118,5 | 1.187 | 10.891,6 | 4.114 | 2,627 | 2,648 | -0,8% |

Tabelle 3 stellt die länderspezifischen Anlagen- und Leistungsanteile der analysierten Stichprobe (Stammdaten mit Meldungen der Standortqualität) den gesamten registrierten Stammdaten gegenüber. Hierbei wird für jedes Flächenland die durchschnittliche Anlagenleistung in der Stichprobe ins Verhältnis zu den Werten der gesamten Stammdaten gesetzt und in Prozent ausgewiesen. Der Quotient aus der Durchschnittsleistung in der Stichprobe und Durchschnittsleistung in den Gesamtdaten ist ein Maß dafür, inwieweit in der Stichprobe Anlagen mit kleiner/großen Generatorleistung über- bzw. unterrepräsentiert sind. Die länderspezifischen Abweichungen der durchschnittlichen WEA-Leistung (vgl. Tabelle 3, ganz rechte Spalte) bewegen sich in acht von dreizehn Bundesländern im Bereich von zwei Prozent. Daraus lässt sich schließen, dass in diesen Bundesländern die in der Stichprobe erfassten Anlagen und Leistungen die dort erfassten Stammdaten gut repräsentieren.

In Mecklenburg-Vorpommern und in Sachsen-Anhalt sind in der Stichprobe Anlagen mit höherer Leistung stärker vertreten als dies beim jeweiligen Gesamtdatenumfang der Fall ist. In diesen Ländern liegt die Durchschnittsleistung der Stichprobe rund fünf Prozent über dem Wert der Gesamtdaten.

In Bayern, Rheinland-Pfalz und insbesondere in Sachsen umfasst die Stichprobe verhältnismäßig mehr Anlagen mit geringerer Leistung als der Gesamtdatenumfang der jeweiligen Länder. In Bayern liegt die Durchschnittsleistung in der Stichprobe rund fünf Prozent unterhalb der Gesamtdaten, in Rheinland-Pfalz sind knapp vier Prozent. Der deutlichste Unterschied zeigt sich in Sachsen, wo die durchschnittliche Anlagenleistung in der Stichprobe mehr als 20 Prozent unterhalb der insgesamt in Sachsen erfassten Anlagenleistung abweicht. Dies ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass in der dortigen Stichprobe Anlagen mit niedriger Leistung überrepräsentiert werden. Der Blick in die Datensätze zeigt, dass im Freistaat von 65 registrierten Anlagen vier eine Leistung von lediglich 0,8 MW aufweisen. Für alle vier Anlagen sind Angaben zur Standortqualität gemacht worden, weshalb diese in die Stichprobe eingeflossen sind, die insgesamt 17 Anlagen umfasst. Zudem weisen von den 65 registrierten Anlagen in

Sachsen 24 WEA-Typen eine Nennleistung größer 3 MW auf. Von diese 24 Anlagen liegen aber lediglich für zwei WEA Angaben zur Standortqualität vor, so dass auch lediglich zwei dieser Anlagen sich in der Stichprobe wiederfinden.

5.2 Detaillierte Auswertung der Standortqualitäten registrierter Windenergieanlagen

Die Auswertung der spezifischen Standortqualitäten erfolgt für den Bereich von 60 bis 115 Prozent, jeweils mit einer Spannweite von fünf Prozentpunkten. Werte unterhalb von 60 Prozent sowie oberhalb von 115 Prozent werden zusammengefasst dargestellt, da sich in diesen Bereichen nur sehr geringe Stichprobenanteile einzelnen Kategorien zuordnen lassen. Die Tabellen 4a bis 4d weisen bundesländerspezifisch die Zuordnung der registrierten Anlagenleistung zur analysierten Standortqualität aus. Dabei werden in der Spalte »absolut« die Anlagenleistung in Megawatt (MW) angegeben, die Spalte »relativ« zeigt für jede Standortqualitätskategorie den prozentualen Anteil der Anlagenleistung zur im Bundesland insgesamt erfassten Anlagenleistung. Jeweils am Ende einer Tabelle stehen die aufsummierte Leistung pro Standortqualität sowie die Anzahl der Windenergieanlagen, die der Standortqualität zuzuordnen sind.

Tabelle 4a: WEA-Standortqualitäten unterhalb von 75 Prozent, Auswertung auf Datenbasis BNetzA (03/2016)

| Standortqualität Bundesland | <60% | | 60% bis <65% | | 65% bis <70% | | 70% bis <75% | |
|--------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| | absolut [MW] | relativ [%] | absolut [MW] | relativ [%] | absolut [MW] | relativ [%] | absolut [MW] | relativ [%] |
| Baden-Württemberg | 5,6 | 6,7% | 14,7 | 17,6% | 39,6 | 47,5% | 18,9 | 22,7% |
| Bayern | 13,2 | 6,2% | 24,5 | 11,4% | 49,1 | 22,9% | 75,3 | 35,1% |
| Brandenburg | 27,6 | 14,1% | 17,6 | 9,0% | 13,8 | 7,0% | 8,8 | 4,5% |
| Hessen | 7,1 | 3,1% | 6,4 | 2,8% | 10,7 | 4,6% | 68,6 | 29,5% |
| Mecklenburg-Vorpommern | | | | | 34,5 | 17,5% | 9,2 | 4,7% |
| Niedersachsen | 10,8 | 2,3% | 13,1 | 2,8% | 26,5 | 5,7% | 89,0 | 19,0% |
| Nordrhein-Westfalen | 2,4 | 0,6% | 7,7 | 1,9% | 28,2 | 7,0% | 34,1 | 8,5% |
| Rheinland-Pfalz | 18,8 | 6,9% | 15,4 | 5,6% | 29,5 | 10,8% | 30,8 | 11,2% |
| Saarland | | | 12,5 | 17,5% | | | 7,1 | 9,9% |
| Sachsen | 0,8 | 2,5% | | | 5,4 | 16,7% | 3,1 | 9,6% |
| Sachsen-Anhalt | | | 11,8 | 3,6% | 19,3 | 5,8% | 55,3 | 16,7% |
| Schleswig-Holstein | | | | | | | 16,9 | 2,9% |
| Thüringen | | | | | 2,4 | 6,3% | 13,7 | 35,8% |
| Gesamt | 86,3 | 2,8% | 123,7 | 4,0% | 259,0 | 8,3% | 430,8 | 13,8% |
| Anlagenanzahl | 42 | | 52 | | 103 | | 168 | |

Tabelle 4b: WEA-Standortqualitäten zwischen 75 und 95 Prozent, Auswertung auf Datenbasis BNetzA (03/2016)

| Standortqualität Bundesland | 75% bis <80% | | 80% bis <85% | | 85% bis <90% | | 90% bis <95% | |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | absolut [MW] | relativ [%] | absolut [MW] | relativ [%] | absolut [MW] | relativ [%] | absolut [MW] | relativ [%] |
| Baden-Württemberg | 2,4 | 2,9% | | | | | | |
| Bayern | 35,0 | 16,3% | 15,5 | 7,2% | 2,0 | 0,9% | | |
| Brandenburg | 45,0 | 22,9% | 71,4 | 36,4% | 10,3 | 5,2% | 2,0 | 1,0% |
| Hessen | 45,6 | 19,6% | 21,2 | 9,1% | 34,0 | 14,6% | 6,0 | 2,6% |
| Mecklenburg-Vorpommern | 39,4 | 19,9% | 19,9 | 10,1% | 17,2 | 8,7% | 43,0 | 21,8% |
| Niedersachsen | 65,3 | 14,0% | 48,2 | 10,3% | 66,8 | 14,3% | 62,4 | 13,4% |
| Nordrhein-Westfalen | 54,9 | 13,7% | 71,9 | 17,9% | 84,8 | 21,1% | 76,7 | 19,1% |
| Rheinland-Pfalz | 69,1 | 25,2% | 69,9 | 25,5% | 21,6 | 7,9% | 11,8 | 4,3% |
| Saarland | 10,6 | 14,8% | 16,8 | 23,5% | 9,8 | 13,7% | 2,5 | 3,5% |
| Sachsen | 8,8 | 27,3% | 6,1 | 18,9% | 4,0 | 12,4% | 4,1 | 12,7% |
| Sachsen-Anhalt | 51,3 | 15,5% | 30,9 | 9,3% | 50,9 | 15,3% | 52,0 | 15,7% |
| Schleswig-Holstein | 32,5 | 5,6% | 69,9 | 12,1% | 134,8 | 23,4% | 86,8 | 15,0% |
| Thüringen | 5,4 | 14,1% | | | 7,7 | 20,1% | 9,2 | 24,0% |
| Gesamt | 465,3 | 14,9% | 441,7 | 14,2% | 443,9 | 14,2% | 356,5 | 11,4% |
| Anlagenanzahl | 175 | | 171 | | 163 | | 128 | |

Tabelle 4c: WEA-Standortqualitäten zwischen 95 und 115 Prozent, Auswertung auf Datenbasis BNetzA (03/2016)

| Standortqualität Bundesland | 95% bis <100% | | 100 bis <105% | | 105 bis <110% | | 110 bis <115% | |
|--------------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| | absolut [MW] | relativ [%] | absolut [MW] | relativ [%] | absolut [MW] | relativ [%] | absolut [MW] | relativ [%] |
| Baden-Württemberg | | | | | 2,3 | 2,8% | | |
| Bayern | | | | | | | | |
| Brandenburg | | | | | | | | |
| Hessen | 9,0 | 3,9% | | | 15,0 | 6,5% | 9,0 | 3,9% |
| Mecklenburg-Vorpommern | 23,8 | 12,0% | 6,2 | 3,1% | 4,6 | 2,3% | | |
| Niedersachsen | 33,3 | 7,1% | 29,0 | 6,2% | 3,0 | 0,6% | 3,0 | 0,6% |
| Nordrhein-Westfalen | 31,1 | 7,7% | 3,0 | 0,7% | | | 2,3 | 0,6% |
| Rheinland-Pfalz | 7,7 | 2,8% | | | | | | |
| Saarland | | | | | 3,1 | 4,3% | 9,2 | 12,9% |
| Sachsen | | | | | | | | |
| Sachsen-Anhalt | 40,3 | 12,2% | 19,9 | 6,0% | | | | |

| Standortqualität Bundesland | 95% bis <100% | | 100 bis <105% | | 105 bis <110% | | 110 bis <115% | |
|--------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| | absolut [MW] | relativ [%] | absolut [MW] | relativ [%] | absolut [MW] | relativ [%] | absolut [MW] | relativ [%] |
| Schleswig-Holstein | 42,0 | 7,3% | 38,9 | 6,7% | 29,9 | 5,2% | 38,4 | 6,7% |
| Thüringen | | | | | | | | |
| Gesamt | 187,2 | 6,0% | 97,0 | 3,1% | 57,9 | 1,9% | 61,9 | 2,0% |
| Anlagenanzahl | 65 | | 35 | | 20 | | 22 | |

Tabelle 4d: WEA-Standortqualitäten größer 115 Prozent, Auswertung auf Datenbasis BNetzA (03/2016)

| Standortqualität Bundesland | ≥115% | |
|--------------------------------|-----------------|----------------|
| | absolut [MW] | relativ [%] |
| Baden-Württemberg | | |
| Bayern | | |
| Brandenburg | | |
| Hessen | | |
| Mecklenburg-Vorpommern | | |
| Niedersachsen | 17,2 | 3,7% |
| Nordrhein-Westfalen | 4,6 | 1,1% |
| Rheinland-Pfalz | | |
| Saarland | | |
| Sachsen | | |
| Sachsen-Anhalt | | |
| Schleswig-Holstein | 87,1 | 15,1% |
| Thüringen | | |
| Gesamt | 108,9 | 3,5% |
| Anlagenanzahl | 43 | |

Fachagentur Windenergie an Land e.V.

Fanny-Zobel-Straße 11 | 12435 Berlin
T +49 30 64 494 60 - 60 | F +49 30 64 494 60 - 61
post@fa-wind.de | www.fachagentur-windenergie.de