



Leipziger Institut
für Energie

BERICHT

Marktanalyse – Windenergie an Land

UNTERSUCHUNG IM RAHMEN DES
VORHABEN IIE ZUR STROMERZEUGUNG AUS WINDENERGIE

Auftraggeber:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Hamburg, 18.02.2015

Impressum

Auftraggeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Scharnhorststr. 34-37
10115 Berlin

Auftragnehmer

Leipziger Institut für Energie GmbH
Büro Hamburg
Harburger Schloßstr. 6-12
21079 Hamburg

Ein Unternehmen der 
Technischen Universität Hamburg-Harburg
und der TuTech Innovation GmbH

Bearbeitung

[Doris Falkenberg \(Projektleitung\)](#)
Telefon 040 / 7 66 29 25 - 72
E-Mail Doris.Falkenberg@ie-leipzig.com

[Sina Bernotat](#)
[Christian Lorenz](#)
[Alexander Schiffler](#)

Laufzeit

Oktober 2014 bis Februar 2015

Datum

Hamburg, 18.02.2015

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Inhalt und Aufbau	6
2 Akteursbefragung	7
2.1 Untersuchungsstruktur	7
2.2 Umfrageergebnisse	9
3 Entwicklung der Windenergienutzung	15
3.1 Kennwerte von Windenergieanlagen	18
3.2 Marktanteile der Anlagenhersteller	22
4 Windparks in Deutschland	23
4.1 Ansatzpunkte	23
4.2 Auswertungen zu „Windparks“	24
5 Ausbau nach Standortqualitäten	28
5.1 Fördersätze EEG	28
5.2 Standortqualitäten im Vergleich	31
6 Verzeichnisse	33
Anhang	34
Abbildungsverzeichnis	43
Tabellenverzeichnis	44
Literaturverzeichnis	45

Zusammenfassung

Als Grundlage für die anstehende Diskussion zum Ausschreibungsdesign hat die Leipziger Institut für Energie GmbH (IE Leipzig) eine Marktanalyse zum Ausbau der Windenergie an Land erarbeitet.¹ Diese Analyse mit dem Schwerpunkt für die Jahre 2012 bis 2014 liefert die Entwicklungen zum Ausbau der Windenergie aus den Betrachtungswinkeln zu Anlagenkonfigurationen, zum Ausbau in „Windparks“ sowie nach Standortqualitäten. Darüber hinaus wurden Merkmale für die Entwicklung von Windenergieprojekten aus einer Akteursbefragung abgeleitet. Diese Umfrage erhebt – im Gegensatz zu den zuvor genannten Untersuchungen – nicht den Anspruch, repräsentative Erkenntnisse zu liefern.

AUSBAU UND ANLAGENKONFIGURATION

Der Ausbau im Jahr 2014 war mit rund 4.626 MW brutto außerordentlich hoch. Vor allem Schleswig-Holstein, gemeinsam mit Niedersachsen und Brandenburg sowie Rheinland-Pfalz und Bayern haben zusammen 70 Prozent der Zubau-Leistung erbracht. Zum Ende des Jahres 2014 ist rund die Hälfte der insgesamt installierten Leistung in den Bundesländern Niedersachsen, Brandenburg und Schleswig-Holstein angeschlossen.

Über das gesamte Bundesgebiet betrachtet stieg die durchschnittlich installierte Leistung je Neu-Anlage von 2,4 MW im Jahr 2012 auf 2,7 MW im Jahr 2014. Bemerkenswert ist der Leistungsanteil von Anlagen, die im Jahr 2014 mit einer Leistung zwischen 3,0 und 4,0 MW installiert wurden: er beträgt inzwischen rund 56 Prozent.

¹ Im Rahmen der EEG-Reform 2014 wurde das EEG in wissenschaftlichen Vorhaben evaluiert. Die Marktanalyse ist Bestandteil des wissenschaftlichen Vorhabens IIe, Stromerzeugung aus Windenergie (FKZ 03MAP262)

Die standortoptimierten Anlagen nehmen zu. Im Zeitraum der Jahre 2012 bis 2014 sind die durchschnittlichen Rotordurchmesser und Nabenhöhen gestiegen und das Verhältnis von Leistung zu Rotorkreisfläche ist gefallen. Diese Entwicklung zeigt sich über alle Bundesländer hinweg. Der Zubau im Jahr 2014 erreichte 347 W/m² im Vergleich zu 393 W/m² im Jahr 2012. Die durchschnittliche Nabenhöhe liegt im Jahr 2014 im Bundesdurchschnitt bei 116 m. Die mittleren Anlagenhöhen bewegen sich für 2014 zwischen 137 m (Schleswig-Holstein) und 192 m (Rheinland-Pfalz), der Bundesdurchschnitt liegt bei 165 m. Im Vergleich zum Jahr 2012 ist die durchschnittliche Nabenhöhe um knapp 4 Prozent gestiegen, die durchschnittliche Anlagenhöhe sogar um gut 6 Prozent. Auch dadurch werden die steigenden Rotordurchmesser sichtbar.

MARKTANTEILE DER HERSTELLER

Enercon und Vestas sind sowohl beim Bestand als auch beim Zubau weiterhin Marktführer. Teilnehmer mit geringeren Marktanteilen wie Senvion und Nordex haben in den vergangenen Jahren Anteile dazu gewinnen können.

AUSBAU IN „WINDPARKS“

Bisher existierte keine Einteilung von zugebauten Windenergieanlagen in „Windparks“. Das IE Leipzig hat aufbauend auf die Betreiber-Datenbasis (BDB) einen Algorithmus entworfen, der die Anlagen im Bestand sowie in den Zubaujahren 2012 bis 2014 in „Windparks“ mit den einzelnen Kategorien von einer bis zehn Anlagen sowie größer zehn Anlagen einordnet. Im Ergebnis zeigt sich, dass im Bereich bis zu sechs Anlagen der überwiegende Anteil der Windenergieanlagen liegt. Für den Bestand sind dies Ende 2014 rund 58 Prozent der Anlagen sowie 54 Prozent der installierten Leistung.

Der Blick auf die Zubaujahre 2012 bis 2014 zeigt, dass in die Kategorien von einer bis sechs Anlagen pro „Windpark“ insgesamt 63 Prozent der Anlagen sowie der installierten Leistung fallen. Es wurden vorwiegend Einzelanlagen und „Windparks“ mit bis zu fünf Anlagen errichtet. Dabei erreicht die Kategorie mit fünf Windenergieanlagen nahezu das Niveau der Einzelanlagen. Eine Analyse der zugebauten Einheiten zeigt, dass in den Jahren 2013 und 2014 die Anzahl der Einheiten mit einem Umfang von fünf, sechs und acht Anlagen gestiegen ist.

AUSBAU NACH STANDORTQUALITÄTEN

Über das Referenzertragsmodell wird berücksichtigt, dass sich für die Nutzung der Windenergien an Land unterschiedliche Windverhältnisse zeigen. Das IE Leipzig hat die damit verbundene Einteilung der installierten Anlagen in Standortqualitäten analysiert. Über den gesamten Bestand hinweg liegen bis Ende des Jahres 2014 insgesamt 84 Prozent der Anlagen unter 100 % ihres Referenzertrages. Lediglich sechs Prozent erreichen die Standortqualität von 100 % und weitere zehn Prozent liegen darüber. Für die Zubaujahre 2012 bis 2014 zeigt sich ein leicht verschobenes Bild: Rund 79 Prozent der Anlagen liegen im Bereich unterhalb von 100 % Referenzertrag, 15 Prozent liegen darüber und sechs Prozent erreichen diesen.

Der Zeitraum 2012 bis 2014 zeigt deutlich gestiegene durchschnittliche Volllaststunden: Diese erreichen beispielsweise an 70%-Standorten 2.151 Stunden.

Die technische Entwicklung der Anlagen spiegelt sich auch in den Standortqualitäten nach Referenzertrag wider. So lassen sich beispielsweise 90%-Standorte in Hessen und Rheinland-Pfalz finden. Für Schleswig-Holstein lässt sich errechnen, dass in den Jahren 2012 bis 2014 rund 69 Prozent der zugebauten Leistung im

Bereich von 90 % bis 120 % des Anlagen-Referenzertrages liegt.

AKTEURSBEFragung

Die aktuelle Situation auf dem Markt kann als Verkäufermarkt charakterisiert werden, wobei Schleswig-Holstein eine Ausnahme darstellt. Die Windenergie wird bundesweit als attraktive Investition gesehen, so dass sich aus Sicht der Projektentwickler die Gruppe potenzieller Investoren diversifiziert hat.

Projektentwickler entwickeln Windparks auf eigenes Risiko und behalten oder verkaufen die Projekte anschließend. Für diese Windparks wird zum Teil die Betriebsführung übernommen.

Institutionelle und strategische Investoren sind risikofreudiger als Stadtwerke, Kommunen oder Bürgerenergiegesellschaften.

Grundstücksverträge für geeignete Flächen werden zum Teil erst dann ausgehandelt, wenn erste Voruntersuchungen ein geringes Schadenspotenzial zeigen.

Werden Flächeneigentümer am späteren Projekt beteiligt, ist die Sicherung der Flächen mitunter effizienter.

Bei der Wahl der Anlagen und Hersteller ist neben dem optimalen Design für den Standort die Akzeptanz der fremdkapitalgebenden Banken bedeutsam.

Zu den größten Risiken im Projektverlauf zählen die artenschutzrechtlichen Belange sowie Verzögerungen durch das Raumordnungs- und Bauplanungsrecht. Relevant sind zudem die oft langwierigen Abstimmungsprozesse im Genehmigungsverfahren sowie Akzeptanzprobleme auf Seiten von Gemeinden und Bürgern.

Gelungene Projekte müssen die Kosten für nicht realisierte Projekte mit abdecken.

1 Inhalt und Aufbau

Im EEG 2014 ist der Grundsatz verankert, bis spätestens 2017 die Ermittlung der finanziellen Förderung auf das wettbewerbliche Instrument der Ausschreibungen umzustellen.

Marktanalysen für die einzelnen Sparten der erneuerbaren Energien sollen die Grundlagen darstellen, um die Eckpunkte des Ausschreibungsdesigns zu entwickeln.

Die hier vorliegende Marktanalyse für die Windenergie an Land gliedert sich in vier Bereiche (siehe auch Abbildung 1): Durch die Befragung von Projektentwicklern werden schlaglichtartig aktuelle Informationen zur Gestalt des deutschen Windenergiemarktes, zum Ablauf und zu den Risiken der Projektentwicklung sowie zu den beteiligten Akteure gewonnen (Kapitel 2). Hierbei wird nicht der Anspruch erhoben, dass die aus der Erhebung gewonnenen Erkenntnisse repräsentativ für den deutschen Windmarkt sind.

Die Entwicklungen zum Ausbau der Windenergie und den Anlagenkonfigurationen werden in Kapitel 3 benannt. Eine Auswertung zu „Windparks“ in Deutschland sowie zu den jährlich zugebauten Einheiten

an Windenergieanlagen liefert Kapitel 4. Der Ausbau nach Standortqualitäten gemäß dem Referenzertragsmodell wird in Kapitel 5 analysiert.

Betrachtet wird jeweils der Bestand der Windenergieanlagen an Land zum 31.12.2014 sowie explizit der Zubau in den Jahren 2012, 2013 und 2014.

Diese Marktanalyse ist Bestandteil des wissenschaftlichen Vorhabens zur Evaluierung des EEG für die Sparte Windenergie (FKZ 03MAP262) und unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie bei dem anstehenden Diskussionsprozess zur Vorbereitung des Ausschreibungsdesigns.

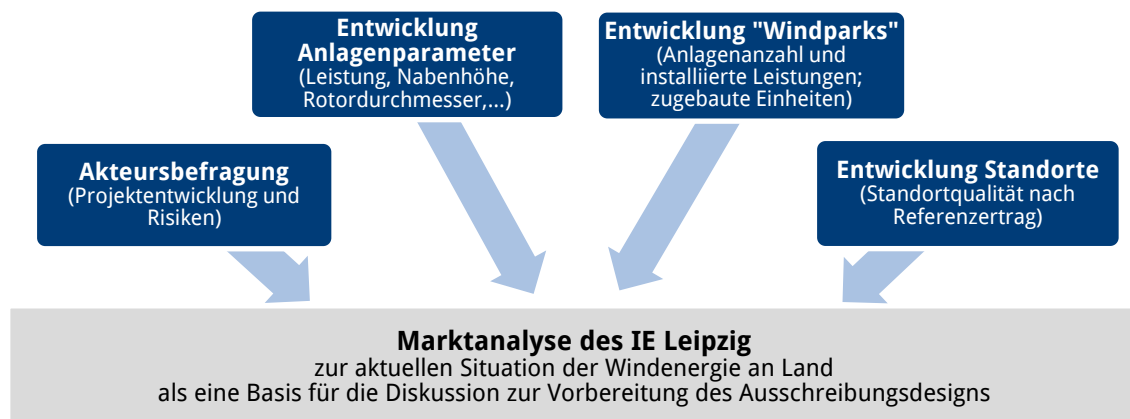


Abbildung 1 Aufbau der Marktanalyse
Quelle: IE Leipzig 2015

2 Akteursbefragung

An Windenergieprojekten zeigen vermehrt neue Kapitalanleger Interesse. Dennoch ist die Projektentwicklung mit Schwierigkeiten verbunden.

2.1 Untersuchungsstruktur

Der Ausbau der Windenergie schreitet in großen Schritten voran. Die Entwicklungen lassen sich auf unterschiedlichen Ebenen beleuchten, Ausgangspunkt der Betrachtung ist vielfach die errichtete Windenergieanlage. Weniger ersichtlich dagegen ist, wie die Projekte konkret umgesetzt werden, welche Risiken im Projektverlauf bestehen und welcher Akteur in welcher Weise beteiligt ist. Vor diesem Hintergrund war es das Ziel, qualitative Ergebnisse über Expertengespräche zu erhalten, die schlaglichtartige ausdifferenzierte Erkenntnisse zur Entwicklung von Windenergieprojekten an Land liefern.

Im Rahmen der stichpunktartigen Analyse wurde die Akteursgruppe der Projektentwickler ausgewählt. Die Fragestellungen wurden entsprechend ausgearbeitet und systematisiert. Als Instrument der Datenerhebung dienten qualitative Telefoninterviews, kombiniert mit Fragebögen.

Die Auswahl der angefragten Experten richtete sich nach einer möglichst ausgewogenen regionalen Ver-

teilung im Bundesgebiet sowie nach der Größe des Unternehmens. Angeschrieben wurden insgesamt 40 Unternehmen. Informationen von neun Projektentwicklern und zwei Institutionen sind Grundlage der Auswertung in Kapitel 2.2.

Es wurde ein Gesprächsleitfaden entwickelt, der den Interviewpartnern vorab zugesandt wurde. Die Telefonate waren auf einen Zeitraum von rund 45 Minuten angelegt. Sie wurden vom IE Leipzig protokolliert und den Interviewpartnern im Nachgang des Gesprächs zugeschickt.

Durchgeführt wurden die Anfragen und Interviews in den Monaten November und Dezember 2014.

Die Gesprächsprotokolle und ausgefüllten Fragebögen wurden mit der Software MAXQDA11 codiert und kategorisiert.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt, wie den Befragten zugesichert, in anonymisierter Form.

Begriffsbestimmungen

Relevante Begriffe im Kontext dieser Untersuchung sollen zunächst für die Leser eindeutig abgegrenzt werden. Um ein gleiches Begriffsverständnis zwischen den Interviewpartnern zu gewährleisten, waren die nachfolgenden Erläuterungen in den Gesprächsleitfäden enthalten.

Es wurde nach Unterschieden zwischen drei Kapitalanlegergruppen gefragt: Unter **institutionelle Anleger** fallen Fondsgesellschaften, u.a. Versicherungen, Banken und Unternehmen. In die Gruppe **institutionelle Anleger mit regionalem Bezug** werden Stadtwerke und regionale Energieversorgungsunternehmen (E-VU) eingeordnet. Als dritte Kapitalanlegergruppe wird die **Bürgerenergie im weiteren Sinn** definiert. Unter dieser Gruppe werden hier Bürgerenergiegesellschaften sowie Einzeleigentümer, landwirtschaftliche Einzelunternehmen, Personen- und (kleine) Kapitalgesellschaften verstanden, die Windenergieanlagen betreiben (wollen). Die Stimmrechtsquote der Bürger muss hier nicht bei 50 Prozent liegen.²

Bei der Entwicklung von Windenergieprojekten, und damit von der Planung bis zum Betrieb, wurden drei Begriffe im Rahmen der Befragung definiert:

- **Standorteignungsprüfung:** Identifikation von Windenergiestandorten, d.h. planungsrechtliche Basis, erstes Windparklayout und Windparkinfrastruktur als Grundlage der Flächenplanung; Identifizierung der benötigten Grundstücke (Bauordnungsrechtliche Abstandsflächen, Kompensationsmaßnahmen, Windhöflichkeit).

- **Flächensicherung:** Grundstückssicherung für Windenergieprojekte, also der Kauf bzw. die Anpachtung der benötigten Flächen.
- **Detaillierte Standortplanung:** Erstellung von Gutachten für Genehmigungsverfahren; Vorläufige Auswahl der besten Planungsalternativen (u.a. Anlagentypen- und Herstellerwahl, Kompensationsmaßnahmen, Netzanbindung, Infrastruktur); Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

² Ab 50 Prozent Stimmrechtsquote kann von Bürgerenergie im engeren Sinne gesprochen werden (siehe [Leuphana u.a. 2013]).

2.2 Umfrageergebnisse

Die Ergebnisse umfassen die Angaben von neun Unternehmen sowie zwei Institutionen und liefern schlaglichtartige Erkenntnisse zur Entwicklung von Windenergieprojekten an Land. Die Befragten wurden um Angaben zu ihren Erfahrungen bei der Projektentwicklung aus den letzten fünf Jahren gebeten.

Die zusammengefassten Erkenntnisse können als ein Ausgangspunkt für die anstehenden Diskussionen zum Ausschreibungsdesign für die Windenergie an Land herangezogen werden. Gleichwohl bestand nicht der Anspruch, allgemein gültige und statistisch repräsentative Aussagen zu erhalten.

Basisangaben der befragten Projektierer

Die erhaltenen Unternehmensangaben, zusammengefasst in Abbildung 2, zeigen, dass die befragte Gruppe von kleinen bis hin zu großen Projektierern reicht, sie

aktiv ist in den typischen Tätigkeitsfeldern, die für den Ausbau der Windenergie an Land stehen, und Projekte in allen Flächenländern entwickelt.

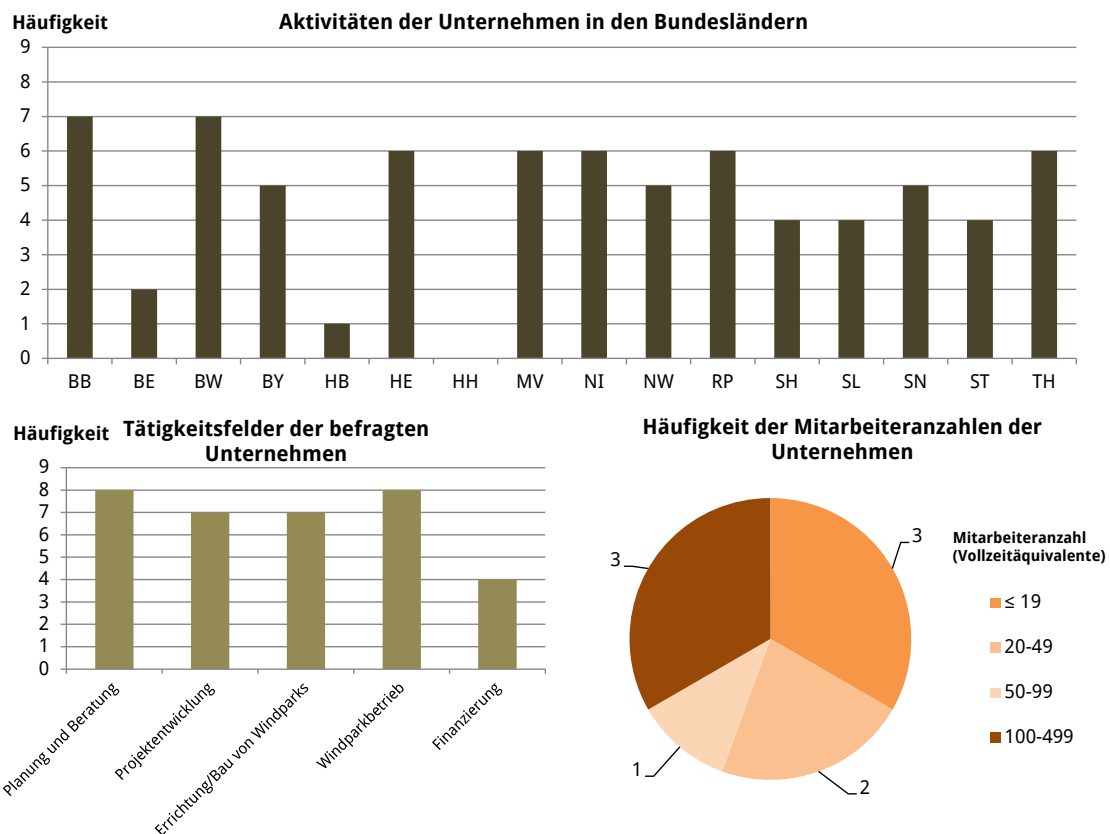


Abbildung 2 Basisangaben der befragten Projektentwickler
Erhebung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Der deutsche Windmarkt

Momentan besteht durch das EEG noch eine große Sicherheit für Windenergieprojekte. Sie werden in unterschiedlichen Konstellationen entwickelt, gebaut, betrieben und unterhalten. Im Rahmen der Befragung wurden folgende Varianten benannt:

- Parks werden auf eigenes Risiko selbst entwickelt, die Investoren werden zu gegebener Zeit gesucht. Am Anfang des Projektes steht somit noch nicht fest, wer dieses übernehmen wird. Der Kapitalanleger spielt damit zunächst eine untergeordnete Rolle.
- Die auf eigenes Risiko entwickelten Windparks werden nicht verkauft, sondern selbst behalten. Dies gilt für kleine ebenso wie für große Projektentwickler, die dafür jeweils entsprechende Geschäftsmodelle entwickeln.
- Große Entwickler kaufen Parks von den kleineren Projektentwicklern ab.
- (Kleine) Projektentwickler bearbeiten Teilleistungen im Auftrag von anderen Projektentwicklern.
- Neben eigenen Windparks, die auch in Gesellschaften ausgelagert sein können, betreiben Unternehmen zudem Windparks im Auftrag. Diese wurden von ihnen häufig selbst entwickelt. Übernommen wird beispielsweise die technische und kaufmännische Betriebsführung.
- Kapitalanleger zahlen in Tranchen nach Projektfortschritt, übernehmen gegebenenfalls die Finanzierung und verkaufen zum Teil anschließend weiter.

Für den großen Anteil der Projekte gilt, dass diese durch einen Verkäufermarkt geprägt werden. Eine Ausnahme stellt Schleswig-Holstein dar, hier spielt die Bürgerenergie eine beachtliche Rolle. Doch auch hier wollen institutionelle Anleger einsteigen, meis-

tens wird jedoch auf den Fremdkapital-Zuschuss durch diese Anleger verzichtet. Es ist genug Eigenkapital vorhanden, so dass überwiegend nur mit den Banken gearbeitet wird.

Stadtwerke und EVU treten eher spät in den Umsetzungsprozess von Windenergieprojekten ein. Sie selbst gelangen schwerer an Projekte, d.h. Flächen heran, doch auch an Bürgerenergieprojekten sind sie beteiligt. Ausnahmen können Zusammenschlüsse in diesem Bereich ebenso wie große Energieversorgungsunternehmen darstellen, da sie direkt Unternehmen ansprechen und Parks entwickeln lassen.

Eine Aussage wurde auch für Kommunen getroffen, nach der sich diese (zunehmend) als Betreiber von Windenergieanlagen betätigen. Als günstige Gesellschaftsform wurde hier die Anstalt des öffentlichen Rechts (AöR) mit Beispielen in Rheinland-Pfalz genannt.³

In den vergangenen Jahren gab es Entwicklungen in der Struktur der beteiligten Investoren: zunehmend treten Fondgesellschaften, Stadtwerke und Energieversorger als Käufer auf, auch kleine Stadtwerke und EVU sind interessiert. Bei der Bürgerenergie nimmt die Anzahl von Genossenschaften, insbesondere im Süden, zu. Es zeigt sich als genereller Markttrend, dass die Windenergie als eine attraktive Investition angesehen wird. Insgesamt hat sich für die Projektentwickler die Anzahl der potenziellen Investoren erhöht, so dass sich die Ansprache diversifiziert.

³ Als Gesellschaftsform für den Betrieb oder die Beteiligung an Windenergieprojekten bieten sich laut [MWKEL RLP 2013] zudem an: GmbH & Co. KG, GmbH, Genossenschaften und Stiftungen.

Von der Planung zum Betrieb

Für die Entwicklung ab der ersten Projektphase zeigen sich nach Angaben der Befragten folgende Merkmale:

Standorteignungsprüfung

- Green-Field-Development wird von Beginn an vom Unternehmen durchgeführt und kann parallel zur Flächensicherung laufen.
- Projekte sind teilweise schon vorbereitet, beispielsweise durch erste Arbeiten von Gemeinden.
- Vorentwickelte Flächen werden von anderen Projektentwicklern/Bürgern abgekauft.
- Nach Angaben eines kleinen Projektierers sucht dieser bewusst nur neue windhöfliche Flächen, für die noch keine kommunalen Planungen bzw. Bebauungspläne vorliegen. Hier soll die Konkurrenz zu größeren Projektierern umgangen werden, um die wirtschaftlichen Chancen für die Realisierung zu erhöhen.

Flächensicherung

- Projektentwickler beauftragen häufig erfahrene Flächensicherer.
- Die Flächensicherung erfolgt unterschiedlich. Befragte gaben an, dass ein zweistufiges Verfahren angewendet wird: Zunächst werden Voruntersuchungen zum Naturschutz durchgeführt, um mögliche Schwierigkeiten (u.a. mit relativ einfachem Gutachteraufwand) zu ermitteln. Erst wenn die Fläche geringes Schadenspotenzial zeigt, werden im zweiten Schritt Grundstücksverträge ausgehandelt.
- Flächeneigentümer können sich über Anteile am Windpark beteiligen.

- Bei der benötigten Zeitspanne für die Flächensicherung kommt es u.a. auf die Anzahl der Landeigentümer an.
- Bei der Bürgerenergie ist der Suchraum regional eingeschränkt.
- Zahlungen erfolgen erst nach Inbetriebnahme.

Detaillierte Standortplanung

- Naturschutzfachliche Untersuchungen sind vor dem eigentlichen Genehmigungsverfahren abzuschließen, ein Zähljahr (ab Februar) reicht oft nicht aus.
- Bei der Planung mehrerer Windenergieanlagen ergeben sich Skaleneffekte.
- Bürgerenergiegesellschaften benötigen für den Planungsprozess tendenziell mehr Zeit.

Genehmigungsverfahren

- Eine schnelle Genehmigung kann möglich werden, wenn alle Gutachten für das Genehmigungsverfahren vorliegen und keine Bürgerinitiativen oder kommunalpolitischen Aspekte dagegen stehen.
- Sind weitere Gutachten nötig, werden diese zumeist von den Genehmigungsbehörden eingefordert.
- Mitunter sind auch für Gemeinden zusätzliche Gutachten zu erstellen.
- Eine Aussage wurde auch zu den Genehmigungsgebühren getroffen. Danach sind diese innerhalb der Bundesländer nicht einheitlich und würden derzeit proportional zu den Projektinvestitionskosten steigen.

Errichtungsplanung

- Schlüsselfertige Projekte (Turnkey) werden von den meisten Investoren bevorzugt und dienen der Risikominimierung des Kapitalanlegers. Turnkey-Projekte sind sicherer aber auch teurer.
- Erfahrene Stadtwerke und Energieversorger können in der Lage sein, Projektrechte abzukaufen und die Errichtung selbst oder mit spezialisierten Projektentwicklern, die regional tätig sind, abzuwickeln.
- Aufgrund der umfassenden Erfahrung der Bürgerenergie in Norddeutschland sind hier auch Einzelvergaben von Gewerken möglich.

Betriebsführung

- Die Betriebsführung unterscheidet sich grundsätzlich in drei Bereiche:
 1. Wartung über den Anlagenhersteller: Hier dominieren langjährige Vollwartungsverträge. Dies ist auch von Vorteil bei der Finan-

zierung durch Banken. Je professioneller die technische Betriebsführung, desto weniger wird die Vollwartung genutzt, da sie die Rendite drückt. Erfahrene Stadtwerke/Energieversorger bevorzugen auch kürzere Laufzeiten für die Vollwartung. Nach Ende der Gewährleistung werden anstehende Aufgaben selbst beauftragt.

2. Kaufmännische und technische Betriebsführung: Wird ein Windpark verkauft, übernimmt der Projektentwickler häufig die Betriebsführung. Für seine Leistungen erhält er einen Prozentsatz vom Ertrag. Dies dient auch der Risikostreuung innerhalb des Unternehmens.
3. Die Vor-Ort-Betreuung kann durch regional ansässige Elektriker als Servicedienstleister erfolgen und umfasst beispielsweise die Quartalsbegehungen.

Aspekte der Wirtschaftlichkeit

Im Rahmen der Befragung wurden unterschiedliche Aspekte beleuchtet, die Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit eines Projektes haben. Sie sind als Einflussgrößen relevant für Investitions- und Betriebskosten, die Finanzierungsparameter sowie zukünftige Einnahmen. Zusammengefasst können folgende Aussagen und Entwicklungen wiedergegeben werden:

Risikoaversion

- Bei Windenergieprojekten reichen die Modellansätze von P50 bis P90.⁴

⁴ Anmerkung IE Leipzig: Der sogenannte P-Wert (P=probability) gibt die Wahrscheinlichkeit des Eintritts der Windertragsprognose an. Je höher der P-Wert ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass der prognostizierte Ertrag erreicht oder überschritten wird. Ein höherer P-Wert beinhaltet damit einen höheren Sicherheitsabschlag.

- Die Risikoaversion ist bei der Bürgerenergie und bei Gemeinden höher. Projekte werden hier eher auf der Basis eines P75-Ertrages beurteilt. Auch traditionelle Stadtwerke wollen nach Auskunft von Befragten möglichst wenige Risiken eingehen.
- Institutionelle Anleger mit und ohne regionalen Bezug, die höhere Renditeerwartungen haben und in Portfolios denken, sind dagegen risikofreudiger.
- Inzwischen werden Projekte auch in frühen Phasen übernommen und nicht erst nach beispielsweise einjähriger Betriebszeit. Damit werden Entwickler- und Konstruktionsrisiken in Kauf genommen, um die Kosten zu reduzieren.

Wahl des Anlagenherstellers

- Am Anfang steht die komplett herstellerunabhängige Betrachtung des Standortes, das konkrete Layout ist entscheidend.
- Die Akzeptanz durch die finanzierenden Banken ist wichtig. Günstig sind etablierte Hersteller mit umfassenden Erfahrungen für die gewählten Anlagen.
- Prototypen werden eher nicht gewünscht. Dies gilt auch im Zusammenspiel mit den Banken.
- Rahmenverträge von Projektentwicklern mit Herstellern ermöglichen es, dass auf bestimmte Kontingente zurückgegriffen werden kann. Auch Bürgerenergieprojekte schließen sich zu Kooperationen zusammen und bestellen so mehrere Anlagen.

Eigenkapitalquote

- Die Eigenkapitalquote wird je nach Risiko am Standort beurteilt.
- Für Windenergieprojekte haben sich mittlerweile Standards bezüglich der Anteile von Eigenkapital und Fremdkapital etabliert.
- Institutionelle Investoren wünschen vielfach eine geringere Eigenkapitalquote, da dies u.a. über den Leverage-Effekt zu einer höher zu erwartenden Eigenkapitalrendite führen kann.

Pachtzins

- Pachtvereinbarungen sind abhängig von der Projektgröße und dem Konkurrenzdruck.
- Die Zinshöhe kann sinken, wenn Verpächter in das Projekt eingebunden sind und von den Ausschüttungen profitieren.
- Bei Bürgerenergieprojekten ist die Bereitschaft eher gering, hohe Pachtzinsen zu zahlen.
- Hoher Konkurrenzdruck führt zu hohen Pachtzinsangeboten. Dies gilt auch für Ausschreibungen von öffentlichen Flächen wie beispielsweise in Brandenburg, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. Dies wird als einer der Gründe angegeben, warum dort Bürgerenergiegesellschaften bei öffentlichen Flächen seltener zum Zuge kommen.
- In den Jahren des Finanzierungszeitraumes wird mitunter ein geringerer Pachtzins gezahlt, der in den darauffolgenden Jahren ansteigt.

Risiken im Verlauf der Entwicklung von Windenergieprojekten

Auf die Frage nach ihren Erfahrungen, in welchen Phasen der Projektentwicklung es häufig bei begonnenen Projekten zum Abbruch oder zu Verzögerungen kommt, wurden alle Phasen, und damit Flächensicherung, detaillierte Standortplanung und Genehmigungsverfahren, genannt. Genehmigte Projekte werden mit hoher Sicherheit auch umgesetzt.

Die erfolgreichen Projekte müssen die Kosten des Projektentwicklers für nicht realisierte Projekte mit abdecken.

Nach den Erläuterungen der Befragten lassen sich die größten Risiken bei der Entwicklung von Windenergieanlagen in die folgenden Bereiche gliedern.

- Der Artenschutz steht an erster Stelle. Die naturschutzfachlichen Untersuchungen können zum Abbruch während der detaillierten Standortplanung oder im Genehmigungsverfahren führen, wenn beispielsweise eine seltene Vogelart gefunden wird. Verzögerungen im Projektverlauf treten ein, wenn beispielsweise nicht alle relevanten Vogelarten begutachtet werden konnten. Nachsteuerungen durch naturschutzfachliche Gegebenheiten können sehr zeitintensiv sein.
- Problematisch sind zudem Verzögerungen durch das Raumordnungs- und Bauplanungsrecht. Verzögerte (Neu-)Aufstellungen oder Änderung von Plänen können sowohl neue Projekte verhindern als auch laufende blockieren.
- Verzögerungen entstehen auch bei den Abstimmungen und Bewertungen im Genehmigungsverfahren mit den zuständigen Fach- und Genehmigungsbehörden.
- Genannt wurden zudem die Bedürfnisse von Gemeinden sowie die Akzeptanz durch die Bürger, die zu neuen Studien und damit Zeitverzögerungen führen können.
- Für Energiegenossenschaften wurde ferner angegeben, dass hier derzeit große Probleme durch das Kapitalanlagegesetzbuch (KAGB) und dessen (geplante) Novellierung hervorgerufen werden.

3 Entwicklung der Windenergienutzung

Die Windenergie schreitet voran, nicht nur im Ausbau, sondern auch in der Technologieentwicklung der Anlagen.

Ausbau

In Deutschland zeigt sich für 2014 eine Marktentwicklung in nicht erwarteter Höhe: Insgesamt lag der Brutto-Zubau bei 4.626 MW – eine Größenordnung, die bisher für die Windenergie an Land noch nicht erreicht wurde (siehe Abbildung 3). Diese Auswertung basiert auf der Betreiber-Datenbasis (BDB) mit Angaben von Herstellern und Betreibern. Die erstellte Statistik im Auftrag des BWE und VDMA geht von 4.750 MW aus [DWG 2015] und basiert auf Abfragen bei Branchenakteuren und weiteren Recherchen.

Angaben zum Rückbau werden nach wie vor abgeschätzt, in der Tendenz nimmt dieser jedoch zu.

Verlässliche Werte, allerdings erst für 2015, liefert voraussichtlich das Anlagenregister.

Wird für 2014 ein Minimum in Höhe von 364 MW angelegt [DWG 2015], lässt sich ein Netto-Zubau in Höhe von 4.262 MW errechnen.

Die kumulierte Gesamtleistung lag damit zum Jahresende 2014 bei 38.019 MW.

Im Jahr 2013 wurde ein Brutto-Zubau von 2.997 MW erzielt, der Netto-Zubau lag bei 2.761 MW. Damit wurde eine Neuinstallation erreicht, die nur im Jahr 2002 übertroffen werden konnte (siehe auch Tabelle 15 im Anhang).

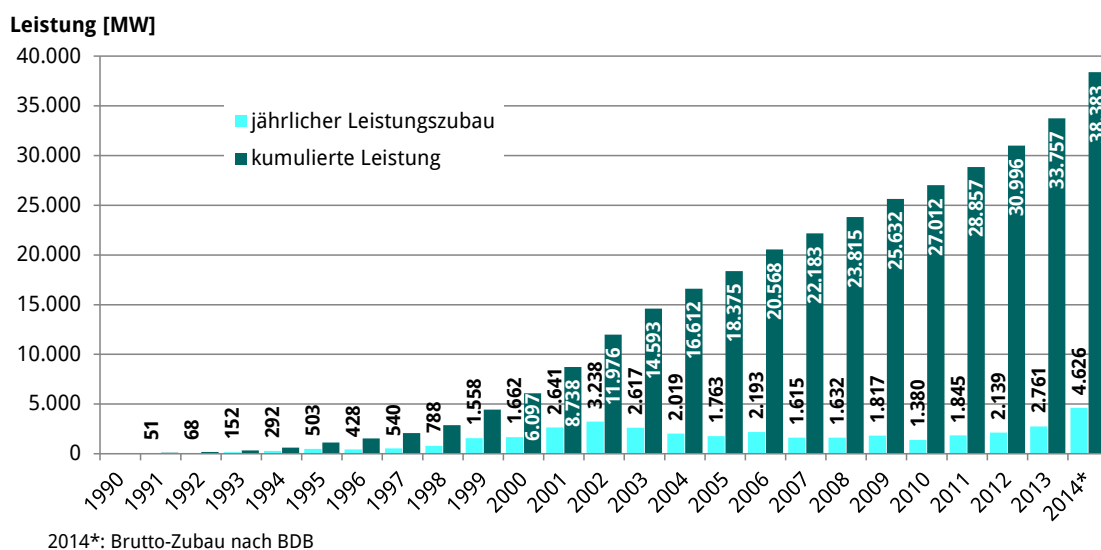


Abbildung 3 Entwicklung des Zubaus seit 1990 (Angaben ohne Rückbau für 2014)

Quelle: [BMWi 2014], [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Mit dem jährlichen Zubau von Windenergieanlagen stieg auch der Windenergieertrag. Trotz der steigenden Anlagenanzahl stellten die Jahre 2009 und 2010 Ausnahmen dar, denn es wurden geringere Erträge als im jeweiligen Jahr zuvor erreicht. Zurückzuführen ist dies auf das unterschiedliche Winddargebot der einzelnen Jahre.

Für das Jahr 2014 wird mit einem Ertrag in Höhe von rund 51.200 GWh gerechnet. Im Vergleich zum Jahr 2013 wurden damit rund 0,8 Prozent mehr Strom aus Windenergieanlagen in das deutsche Stromnetz eingespeist (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 Entwicklung der Windstromerträge

Quelle: [BMWi 2014], [AG EB 2014];
Darstellung: IE Leipzig 2015

Jahr	Erträge Windenergie an Land [GWh]
1990	71
1991	100
1992	275
1993	600
1994	909
1995	1.500
1996	2.032
1997	2.966
1998	4.489
1999	5.528
2000	9.513
2001	10.509
2002	15.786
2003	18.713
2004	25.509
2005	27.229
2006	30.710
2007	39.713
2008	40.574
2009	38.610
2010	37.619
2011	48.315
2012	49.948
2013	50.803
2014*	51.200

* Vorläufige Angaben

Bundesweit sind insgesamt 25.276 Anlagen errichtet.

Niedersachsen, Brandenburg und Schleswig-Holstein zeigen die höchste installierte Nennleistung von Windenergieanlagen (siehe Tabelle 2 und Tabelle 18 im Anhang). Rund die Hälfte der Leistung war bis Ende des Jahres 2014 in diesen drei Ländern installiert. Zusammen mit Rheinland-Pfalz und Bayern liefern sie 70 Prozent des Zubaus in 2014. In den Flächenländern Saarland und Baden-Württemberg ist der Ausbau der Windenergie am geringsten. Ihr Anteil an der installierten Windleistung Deutschlands beträgt jeweils lediglich ein Prozent.

Tabelle 2 Bestand an Windenergieanlagen ab 1990

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung:
IE Leipzig 2015

Bundesland	Anzahl Anlagen [-]	Installierte Leistung [MW]
Niedersachsen	5.737	8.180
Brandenburg	3.407	5.497
Schleswig-Holstein	3.358	5.151
Sachsen-Anhalt	2.612	4.246
Nordrhein-Westfalen	3.044	3.710
Rheinland-Pfalz	1.565	2.797
Mecklenburg-Vorpommern	1.678	2.556
Bayern	768	1.500
Hessen	816	1.170
Thüringen	747	1.137
Sachsen	880	1.094
Baden-Württemberg	403	546
Saarland	121	205
Bremen	81	152
Hamburg	57	53
Berlin	2	4

Schleswig-Holstein hat durch seinen hohen Zubau im Jahr 2014 Sachsen-Anhalt von Platz drei verdrängt. Bayern liegt nun an achter Position. Eine länderspezifische Übersicht für die Jahre 2012 bis 2014 enthält Tabelle 3.

Die Anlagenkonfigurationen zeigen steigende Leistungen, Rotordurchmesser und Nabenhöhen (siehe Abbildung 4). Erläuterungen und länderspezifische Auswertungen sind in Kapitel 3.1 zusammengestellt (siehe auch Tabelle 16 und Tabelle 17 im Anhang).

Tabelle 3 Entwicklung des Brutto-Zubaus 2012 bis 2014
 Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Bundesland	Zubaujahr 2012		Zubaujahr 2013		Zubaujahr 2014	
	Anzahl Anlagen	Installierte Leistung [MW]	Anzahl Anlagen	Installierte Leistung [MW]	Anzahl Anlagen	Installierte Leistung [MW]
Niedersachsen	143	331	140	363	221	597
Brandenburg	100	230	106	255	193	492
Schleswig-Holstein	126	310	160	422	449	1.280
Sachsen-Anhalt	81	174	84	217	103	274
Nordrhein-Westfalen	65	137	109	240	123	304
Rheinland-Pfalz	97	282	140	388	170	467
Mecklenburg-Vorpommern	123	304	121	366	127	334
Bayern	74	184	98	252	153	407
Hessen	53	123	71	180	82	215
Thüringen	41	93	45	106	61	145
Sachsen	13	26	15	35	14	36
Baden-Württemberg	9	19	11	32	7	16
Saarland	4	7	12	34	15	37
Bremen	3	10	1	2	5	15
Hamburg	-	-	1	2	2	4
Berlin	-	-	-	-	1	2
Summe	932	2.231	1.114	2.894	1.726	4.626

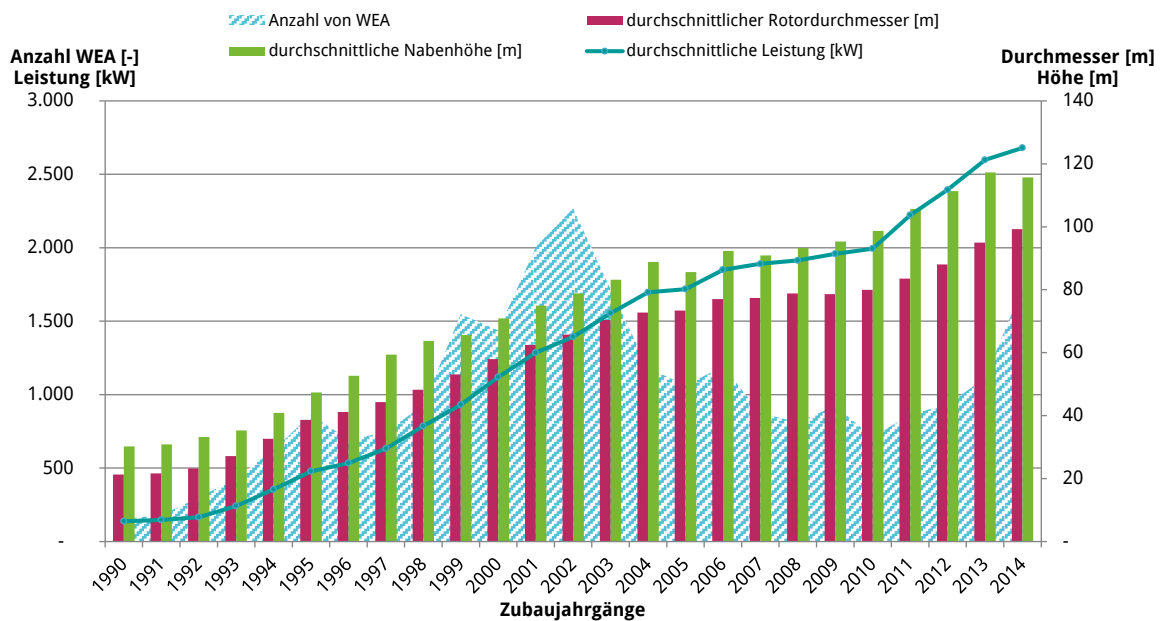


Abbildung 4 Entwicklung der Anlagenanzahl, durchschnittlichen Leistung, Nabenhöhe, Rotordurchmesser ab 1990
 Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

3.1 Kennwerte von Windenergieanlagen

Leistung

Die Struktur des Zubaus nach installierten Leistungsklassen ist in Abbildung 5 und Abbildung 6 ab 1990 dargestellt. Ab 2011 bis einschließlich 2014 sind mehr als die Hälfte der Neuinstallationen in der 2- bis 3-MW-Klasse zu finden. Dies gilt für die Anlagenanzahl wie auch die installierte Leistung. Zeitgleich steigt der Anteil der Anlagen mit einer Leistung größer 3 MW (siehe auch Tabelle 19 und Tabelle 20 im Anhang).

Der Anteil der Nennleistung zwischen 2,0 und 2,5 MW lag im Jahr 2012 bei 76 Prozent, es wurden überwiegend 2,0 und 2,3 MW-Anlagen zugebaut, ihr Anteil betrug in diesem Jahr 69 Prozent.

Im Jahr 2013 erreichte der 2,0- bis 2,5-MW-Bereich einen Anteil von 55 Prozent, im Jahr 2014 lag dieser bei rund 58 Prozent. In beiden Jahren entfielen rund 41 Prozent auf die 2,0- und 2,3-MW-Anlagen.

Der Anteil der 3-MW-Anlagen lag im Jahr 2012 bei rund neun Prozent, stieg im Jahr 2013 auf 13 Prozent und erreichte 2014 einen Anteil von rund 18 Prozent. Bemerkenswert ist, dass der Leistungsanteil der Anlagen zwischen 3,0 MW und 4,0 MW inzwischen bei rund 56 Prozent liegt. Im Jahr 2012 betrug dieser noch 24 Prozent.

Infolge des stetigen Wachstums der durchschnittlichen Nennleistung kann auch bei vergleichsweise geringer Anzahl an errichteten Windenergieanlagen relativ viel Leistung installiert werden.

Wird der Blick auf die einzelnen Bundesländer gerichtet, so bestätigt sich dieser Trend zu größeren Leistungen. Die durchschnittlich installierte Leistung im gesamten Bundesgebiet stieg von 2,4 MW im Jahr 2012 auf 2,7 MW im Jahr 2014. Die Entwicklung für die einzelnen Bundesländer wird in Tabelle 4 dargestellt.

Einen durchgängig absteigenden Trend in diesen Jahren zeigt lediglich Rheinland-Pfalz, das jedoch mit durchschnittlich 2,7 MW im Jahr 2014 auf hohem Niveau liegt.

Spitzenreiter der Flächenländer im Jahr 2014 ist Schleswig-Holstein, hier wurde eine durchschnittlich installierte Leistung von 2,9 MW erreicht.

Tabelle 4 Durchschnittliche Leistung 2012 bis 2014
Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Bundesland	Durchschnittlich installierte Leistung		
	2012 [MW]	2013 [MW]	2014 [MW]
Niedersachsen	2,3	2,6	2,7
Brandenburg	2,3	2,4	2,5
Schleswig-Holstein	2,5	2,6	2,9
Sachsen-Anhalt	2,1	2,6	2,7
Nordrhein-Westfalen	2,1	2,2	2,5
Rheinland-Pfalz	2,9	2,8	2,7
Mecklenburg-Vorpommern	2,5	3,0	2,6
Bayern	2,5	2,6	2,7
Hessen	2,3	2,5	2,6
Thüringen	2,3	2,3	2,4
Sachsen	2,0	2,4	2,6
Baden-Württemberg	2,1	2,9	2,3
Saarland	1,8	2,8	2,5
Bremen	3,4	2,0	3,1
Hamburg	-	2,4	2,2
Berlin	-	-	2,3

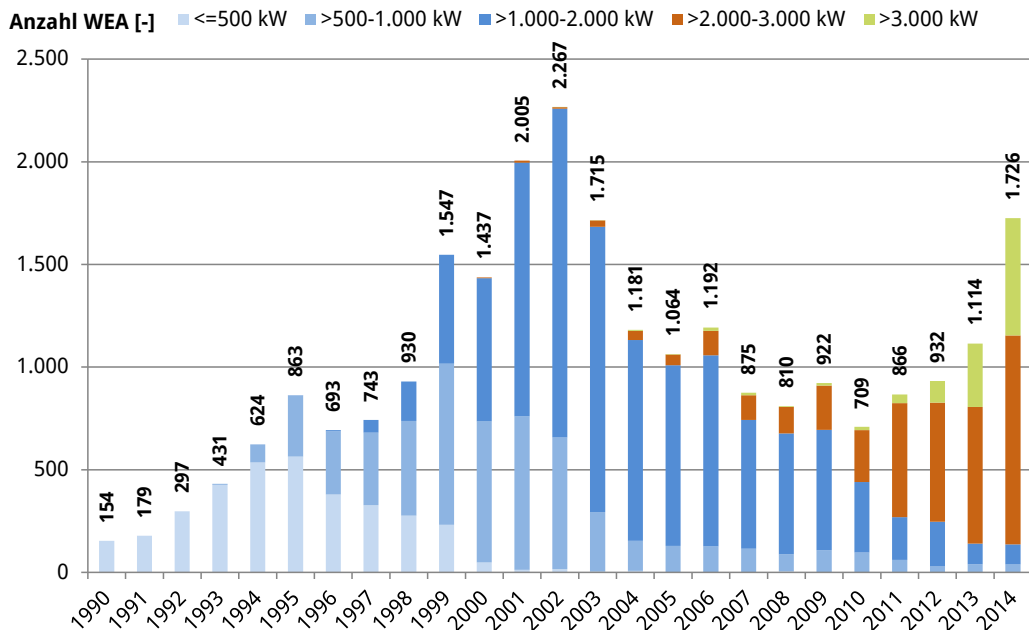


Abbildung 5 Struktur des Zubaus nach Leistungsklassen – Anlagenanzahl
 Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

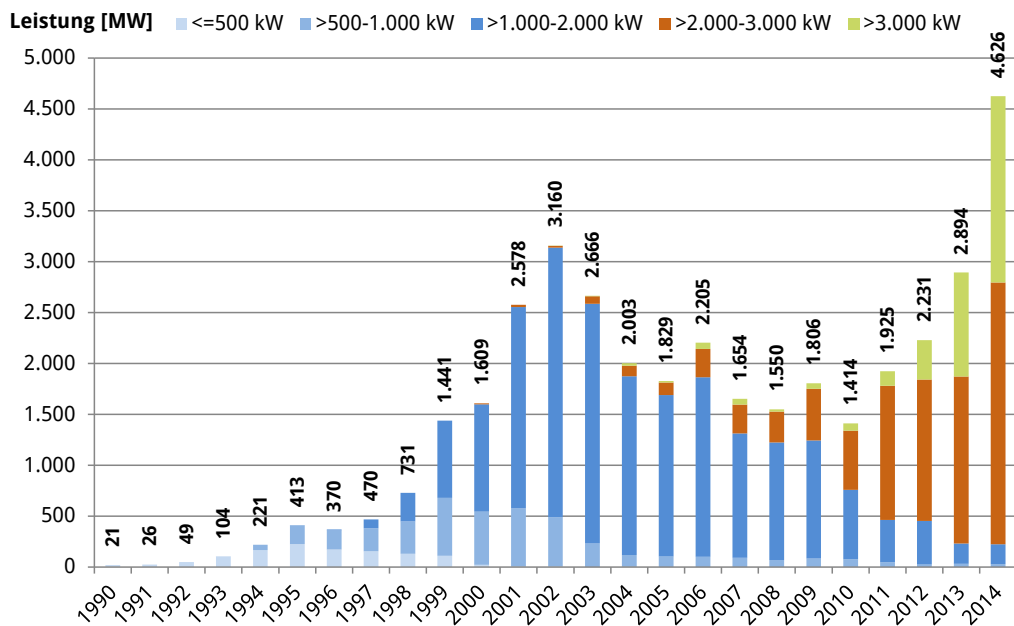


Abbildung 6 Struktur des Zubaus nach Leistungsklassen – Installierte Leistung
 Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Generator-Rotor-Verhältnis

Bei der Auslegung von Windenergieanlagen spielt das Verhältnis von Generator zu Rotor eine entscheidende Rolle. Anpassungen an standortspezifische Bedingungen finden über die Variation des Rotordurchmessers und der Nabenhöhe statt. Der durchschnittliche Rotordurchmesser erreicht inzwischen 99 Meter. Im Jahr 2012 lag dieser noch bei 88 Metern (siehe auch Tabelle 21 im Anhang mit einer Übersicht für die Bundesländer).

Je nach Windverhältnissen am Standort können starkwind- oder schwachwindoptimierte Windenergieanlagen errichtet werden. Bei Binnenlandanlagen wird der Rotor im Verhältnis zur Generatorleistung relativ groß gewählt.

Für das Jahr 2014 gilt, dass rund 70 Prozent der installierten Leistung (3.233 MW) von Anlagen mit einem Rotordurchmesser größer 100 Metern stammt.

Bundesweit ist die mittlere spezifische Leistung pro Quadratmeter Rotorkreisfläche von 393 W/m² im Jahr 2012 auf 347 W/m² im Jahr 2014 gefallen ist (siehe Tabelle 5).

Vor allem an den windschwächeren Standorten kommen diese Anlagen zum Einsatz, doch auch in den Nordländern ist die mittlere spezifische Leistung pro Quadratmeter Rotorkreisfläche gesunken. Die Verstärkung von Einspeiseleistungen steigt damit bundesweit an, konstante Einspeiseleistungen können immer länger gehalten werden.

Tabelle 5 Generator-Rotor-Verhältnisse

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Bundesland	Mittleres Generator-Rotor-Verhältnis [W/m ²]			
	Zubau 2012	Zubau 2013	Zubau 2014	Bestand ab 1990
Baden-Württemberg	389	311	374	396
Bayern	356	298	283	348
Berlin	0	0	436	407
Brandenburg	371	345	333	385
Bremen	397	314	402	462
Hamburg	0	224	262	430
Hessen	390	291	291	385
Mecklenburg-Vorpommern	385	421	361	437
Niedersachsen	418	415	382	461
Nordrhein-Westfalen	406	389	357	433
Rheinland-Pfalz	395	350	302	399
Saarland	364	308	292	377
Sachsen	399	338	375	432
Sachsen-Anhalt	364	379	368	410
Schleswig-Holstein	449	420	383	474
Thüringen	333	317	333	389
Bundesdurchschnitt	393	367	347	426

Nabenhöhen

Die mittlere Nabenhöhe ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich gestiegen (siehe Tabelle 6). Sie lag 2012 im Bundesdurchschnitt bei 111 Metern und ist 2013 auf 117 Meter gestiegen.

Aufgrund des hohen Zubaus in Schleswig-Holstein mit Nabenhöhen unter 100 Meter ist 2014 der Bundesdurchschnitt auf 116 Meter zurückgefallen.

Tabelle 6 Mittlere Nabenhöhen
Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Bundesland	Mittlere Nabenhöhe			Bestand
	Zubau 2012 [m]	Zubau 2013 [m]	Zubau 2014 [m]	
Baden-Württemberg	130	138	129	85
Bayern	133	136	135	111
Berlin	-	-	138	138
Brandenburg	114	122	123	92
Bremen	128	105	113	84
Hamburg	-	141	123	70
Hessen	128	133	136	90
Mecklenburg-Vorpommern	115	114	125	80
Niedersachsen	105	113	111	75
Nordrhein-Westfalen	104	112	120	77
Rheinland-Pfalz	129	133	138	98
Saarland	103	136	133	95
Sachsen	92	111	122	73
Sachsen-Anhalt	111	124	124	89
Schleswig-Holstein	81	85	88	64
Thüringen	119	124	124	89
Bundesdurchschnitt	111	117	116	82

Aus unterschiedlichen Gründen (Akzeptanz, Radar- und Funkanlagen, 10H-Regelung) sind die tatsächlichen Anlagenhöhen relevant. Rechnerisch lassen sich diese aus der Summe „mittlere Nabenhöhe plus mittlerer Rotorradius“ ermitteln (siehe Tabelle 7).

Die mittleren Anlagenhöhen bewegen sich für 2014 zwischen 137 Meter (Schleswig-Holstein) und 192 Meter (Rheinland-Pfalz) und erreichen, wie im Jahr 2013, einen Bundesdurchschnitt von 165 Meter. Im

Gegensatz dazu lag dieser im Jahr 2012 noch bei 155 Meter.

Die höchsten mittleren Anlagenhöhen zeigen sich neben Rheinland-Pfalz in Bayern und Hessen.

Tabelle 7 Mittlere Anlagenhöhen
Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Bundesland	Mittlere Anlagenhöhe			Bestand
	Zubau 2012 [m]	Zubau 2013 [m]	Zubau 2014 [m]	
Baden-Württemberg	171	193	174	118
Bayern	181	188	190	153
Berlin	-	-	179	179
Brandenburg	159	169	173	129
Bremen	180	150	162	120
Hamburg	-	199	175	96
Hessen	172	185	190	125
Mecklenburg-Vorpommern	160	162	173	113
Niedersachsen	146	157	158	106
Nordrhein-Westfalen	144	155	167	107
Rheinland-Pfalz	178	184	192	136
Saarland	142	190	185	133
Sachsen	132	158	169	104
Sachsen-Anhalt	155	170	172	124
Schleswig-Holstein	123	129	137	96
Thüringen	166	173	171	124
Bundesdurchschnitt	155	165	165	115

Die Nabenhöhen sind im Betrachtungszeitraum der Jahre 2012 bis 2014 im Bundesdurchschnitt um knapp 4 Prozent gestiegen, die Anlagenhöhen dagegen um gut 6 Prozent. Auch hiermit lassen sich die ansteigenden durchschnittlichen Rotordurchmesser für die einzelnen Bundesländer zeigen (zu durchschnittlichen Rotordurchmessern auf Ebene der Bundesländer siehe Tabelle 21 im Anhang).

3.2 Marktanteile der Anlagenhersteller

In Deutschland sind Enercon und Vestas Marktführer unter den Anlagenherstellern. Dies gilt für den Bestand (Tabelle 8) wie auch für den Zubau in den zubaustarken Jahren 2013 und 2014 (Tabelle 9). Die Reihenfolge bei den Marktanteilen der WEA-Hersteller ist gleich geblieben, doch haben sich Anteile von kleineren Marktteilnehmern erhöht.

Der Anlagenhersteller Nordex konnte 2013 einen Marktanteil an der zugebauten Windenergie-Leistung von ca. acht Prozent verbuchen, was einer Verdoppelung gegenüber dem Vorjahr 2012 entspricht. Der Anteil des Anlagenherstellers Senvion (ehemals REpower) betrug im Jahr 2012 rund 12 Prozent und ist im Jahr 2013 auf 16 Prozent angewachsen, im Jahr 2014 liegt er bei 15 Prozent.

Im Jahr 2014 installierte Enercon in Niedersachsen und Schleswig-Holstein jeweils knapp 420 MW. Weitere Schwerpunkt-Länder waren Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt. Dort wurden jeweils 180 bis 190 MW installiert.

Vor allem in Brandenburg hat sich Vestas als Marktführer etabliert. Aber auch in Schleswig-Holstein konnte das Unternehmen seinen Anteil an der zugebauten Leistung deutlich steigern. Insgesamt installierte Vestas in diesen beiden Bundesländern mit jeweils gut 280 MW rund die Hälfte seiner insgesamt im Jahr 2014 installierten Leistung. Die Anlagen von Senvion wurden 2014 mit rund 440 MW vor allem in Schleswig-Holstein installiert. Nordex errichtete seine Anlagen schwerpunktmäßig in Bayern (130 MW) sowie in Brandenburg und Hessen (71 bzw. 53 MW).

Tabelle 8 Marktanteile der Hersteller im Bestand

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Hersteller	Bestand ab 1990 bis 2014			
	Anzahl	Marktanteil	MW	Marktanteil
Nordex	1.260	5%	1.890	5%
Senvion	1.510	6%	3.261	9%
Siemens	1.314	5%	1.632	4%
GE Energy	2.028	8%	2.546	7%
Vestas	6.184	24%	9.742	26%
Enercon	10.135	40%	16.335	43%
Sonstige	2.845	11%	2.593	7%
Summe	25.276	100%	37.998	100%

Tabelle 9 Marktanteile der Hersteller (2013/2014)

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Hersteller	Zubau 2013				Zubau 2014			
	Anzahl	Marktanteil	MW	Marktanteil	Anzahl	Marktanteil	MW	Marktanteil
Nordex	99	9%	241	8%	168	10%	409	9%
Senvion	161	14%	475	16%	223	13%	703	15%
Siemens	13	1%	30	1%	34	2%	112	2%
GE Energy	13	1%	34	1%	97	6%	248	5%
Vestas	226	20%	600	21%	383	22%	1.095	24%
Enercon	582	52%	1.466	51%	799	46%	2.008	43%
Sonstige	20	2%	48	2%	22	1%	51	1%
Summe	1.114	100%	2.894	100%	1.726	100%	4.626	100%

4 Windparks in Deutschland

Die Windenergieanlagen in Deutschland werden erstmals in „Windparks“ eingeteilt.

4.1 Ansatzpunkte

Windenergieanlagen können begrifflich in unterschiedlichen Bereichen zu „Windparks“ zusammengefasst werden. Möglich ist beispielsweise ein eigenumsrechtlicher, genehmigungsrechtlicher, räumlich/geografischer, organisatorischer oder, durch den Netzanschlusspunkt bedingt, technischer Bezugsrahmen. Bisher ist keine Auswertung bekannt, die eine Aussage zu „Windparks“ in Deutschland ermöglicht.

Das Anlagenregister, das mit dem EEG 2014 im August 2014 in Kraft trat, ist eine mögliche Grundlage für die entsprechende Auswertung. Allerdings ist der Datenbestand naturgemäß noch gering und umfasst (aufgrund der Übergangsfristen nicht vollständig) bisher erst die letzten fünf Zubaumonate des Jahres 2014.

Zurückgegriffen wurde daher auf ein internes Zuordnungsschema innerhalb der BDB. Hier wird anhand der von Herstellern und Betreibern regelmäßig übersandten Errichtungsmeldungen ein historisch gewachsenes Zuordnungsschema für Windenergieanlagen in „Windparks“ geführt. Eine Zuordnung von Anlagen bei der Errichtung wird aufgrund der Postleitzahl, dem Ortsnamen und vielfach dem Betreiberamen möglich. Die so zusammen gefassten „Windparks“ spiegeln damit eine räumliche Ansammlung von Windenergieanlagen wider. Hierbei handelt es sich um kein unwiderlegbares Verfahren, sondern aufgrund des Datenumfangs und der Erfahrung der Mitarbeiter um eine sinnvoll erscheinende Zusammenlegung, geführt seit mehr als 20 Jahren.

Das IE Leipzig hat diese Informationen in einen Algorithmus überführt. Es wurden zunächst Gruppen von „Windparks“ gebildet („Windpark“ mit einer, zwei, drei, ... Anlagen). Im ersten Schritt wird die Entwicklung der „Windparks“ für den Bestand, bezogen auf Anlagenanzahl und installierte Leistung, in dem Zeitraum von 2012 bis 2014 analysiert. Der zweite Analyse-Schritt konzentriert sich auf den Zubau in diesen Jahren und damit auf die Entwicklungen der Größen von „Windparks“. Wie unter Schritt eins werden die „Windparks“ einzeln miteinander verglichen, so dass der zeitlich versetzte Zubau beziehungsweise die Erweiterungen sowie der Abbau berücksichtigt werden. Im dritten Schritt werden nur zugebaute Einheiten in den Jahren 2012 bis 2014 betrachtet. Diese sind losgelöst von den Windpark-Kategorien und in Einheiten von einer bis zu zehn Anlagen zusammengefasst, die zeitgleich errichtet wurden.

Vor diesem Hintergrund führt die nachfolgende Auswertung zu „Windparks“ in Deutschland mit ihrer Anlagenanzahl, den installierten Leistungen sowie zugebauten Einheiten zu einer ersten Trendaussage für den Bestand sowie den Zubau in den letzten Jahren, flankiert durch die Auswertung des Anlagenregisters.

4.2 Auswertungen zu „Windparks“

Ausgewertet wurden für den Bestand bis Ende des Jahres 2014 insgesamt 25.424 Anlagen, die 8.267 der unter Kapitel 4.1 benannten „Windparks“ zugeordnet werden konnten. Unter „Windparks“ werden damit auch Einzelanlagen gefasst, um ihre Bedeutung für den Bestand und den Zubau einschätzen zu können. Im Ergebnis zeigt sich auf Bundesebene, dass sich in den Kategorien von einer bis zu sechs Anlagen pro „Windpark“ rund 58 Prozent der Anlagen sowie 54 Prozent der installierten Leistung finden lassen (Abbildung 7).

Dabei zeigt sich, dass alle Kategorien stetig ausgebaut wurden (siehe Tabelle 22 und Tabelle 23 im Anhang).

Den größten Anteil zeigen die Kategorien von einer bis zu drei Anlagen, hier führen mit 15 Prozent deutlich die Einzelanlagen. Zusammengenommen lassen sich dem Segment von einer bis drei Anlagen im Bestand 2014 rund 9.200 Anlagen (36 %) mit einer installierten Leistung von 11.135 MW (29 %) zuord-

nen. Auf die Kategorie vier bis sechs Anlagen entfallen 22 Prozent beziehungsweise 24 Prozent der installierten Leistung.

Für die „Windpark“-Kategorie größer zehn Anlagen konnten insgesamt 6.029 Anlagen (24 %) mit einer installierten Leistung von 9.888 MW (26 %) identifiziert werden. Die Anzahl der „Windparks“ nimmt im Bereich von zehn bis 20 Anlagen kontinuierlich ab und bleibt bis rund 40 Anlagen pro Park auf einem niedrigen Niveau. Die größten „Windparks“ in der BDB umfassen 51 Anlagen in Brandenburg (Errichtung ab 2002) und 70 Anlagen in Niedersachsen (Errichtung ab 1999).

Eine Auswertung des Bestands für die Bundesländer Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg zeigt, dass dort Ende 2014 rund 50 Prozent unter die „Windpark“-Kategorien eine bis sechs Anlagen fallen. Dies entspricht 45 Prozent der dort installierten Leistung.

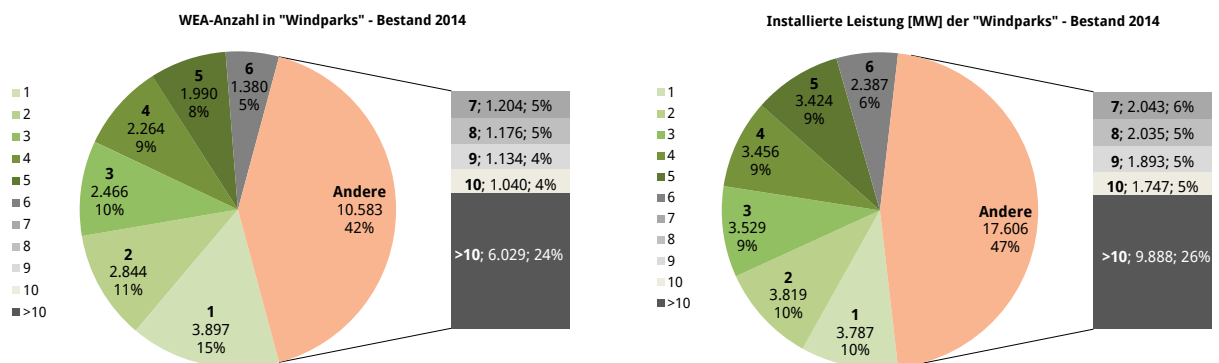


Abbildung 7 Anlagenanzahl und installierte Leistungen in den „Windpark“-Kategorien – Bestand 2014
Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

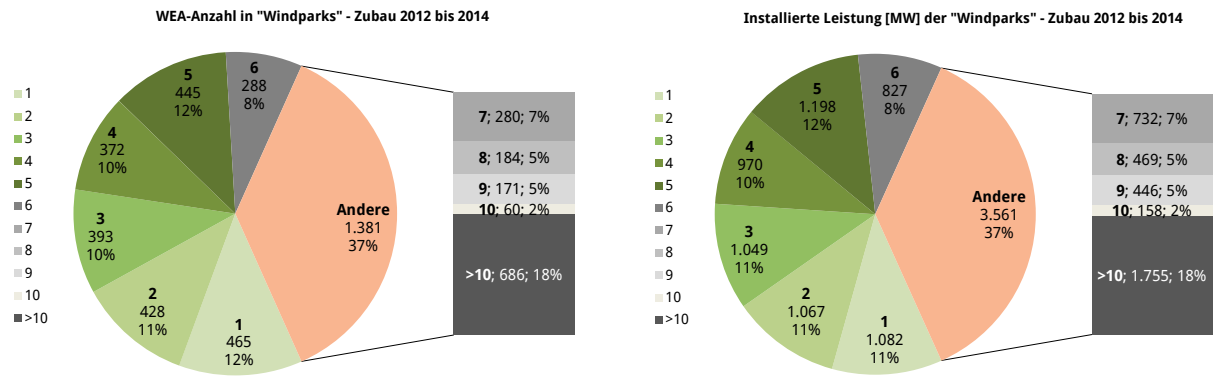


Abbildung 8 Anlagenanzahl und installierte Leistungen in den „Windpark“-Kategorien - Zubau 2012 bis 2014
 Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Die Ergebnisse für die Jahre 2012 bis 2014 sind in Tabelle 24 und Tabelle 25 zusammengestellt (siehe Anhang). Die zusammengefasste Betrachtung für den Zeitraum 2012 bis 2014 in Abbildung 8 zeigt, dass vorwiegend Einzelanlagen und „Windparks“ mit bis zu fünf Anlagen errichtet wurden. Die Kategorie mit fünf Windenergieanlagen erreicht nahezu das Niveau der Einzelanlagen. In die Kategorien von einer bis sechs Anlagen pro „Windpark“ fallen insgesamt 2.391 Anlagen (63 %) sowie 6.191 MW der installierten Leistung (63 %). Die Kategorien vier bis sechs Anlagen in Summe steigen im Vergleich zu 2012 von 21 auf 29 Prozent an. Die Summe der Kategorien eine bis drei Anlagen pro „Windpark“ fällt dagegen von 47 auf 34 Prozent ab. Alle weiteren Kategorien ab sieben Anlagen erreichen nun 37 Prozent im Vergleich zu 31 Prozent im Jahr 2012.

Die durchschnittlich installierte Leistung der Anlagen liegt aktuell über alle Kategorien hinweg zwischen 2,3 MW (Einzelanlagen) und 2,9 MW (Kategorie mit sechs Anlagen).

Wird der Blick nur auf Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Branden-

burg gerichtet, zeigt sich, dass in diesen Bundesländern die Kategorien eine bis sechs Anlagen in Summe rund 55 Prozent der Anlagen (1.104) sowie der installierten Leistung (2.908 MW) entsprechen. Der Schwerpunkt liegt hier mit jeweils zehn bis 11 Prozent bei drei bis fünf Anlagen.

Nach den vorliegenden Daten des Anlagenregisters für 2014 lag der überwiegende Zubau im Bereich der Einzelanlage bis hin zu drei Anlagen (Tabelle 10).

Tabelle 10 Windparks im Anlagenregister 2014
 Quelle: [BNetzA 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Zubau WEA im Windpark	Anzahl Windparks	
	absolut	relativ [%]
1	45	26%
2	53	31%
3	21	12%
4	12	7%
5	13	8%
6	10	6%
7	6	3%
8	3	2%
9	4	2%
10	2	1%
>10	4	2%
Summe	173	100%

Abschließend wird betrachtet, in welchen Größeneinheiten Windenergieanlagen errichtet werden, um die Windparks zu bebauen. Diese Analyse ermöglicht eine Aussage zu den absoluten Zubaugruppen pro Jahr, losgelöst von den einzelnen „Windparks“.

Auch hier werden die einzelnen Kategorien von einer bis zu zehn Anlagen sowie größer zehn Anlagen gewählt (siehe Tabelle 11 und Tabelle 12).

Im Ergebnis zeigt sich, dass überwiegend in der Bandbreite von einer bis zu fünf Windenergieanlagen zugebaut wurde. Werden erneut die Kategorien von einer bis zu sechs Anlagen betrachtet, lassen sich in Summe für das Jahr 2012 knapp 69 Prozent (639 Anlagen), im Jahr 2013 rund 73 Prozent (816 Anlagen) und 2014 gut 68 Prozent (1.180 Anlagen) errechnen. In allen Kategorien steigt im Verlauf des Betrachtungszeitraums die Anzahl an Anlagen an. Wird der Blick nur auf die zusammengefassten Einheiten von einer bis zu drei Anlagen gelenkt, so zeigt sich hier eine prozentuale Abnahme: im Jahr 2012 werden 47 Prozent erreicht im Gegensatz zum Jahr 2014 mit 38 Prozent. Dagegen ist in den Jahren 2013 und 2014 die Häufigkeit für den Bau von Windenergieanlagen in Einheiten mit einem Umfang von fünf, sechs und acht Anlagen gestiegen. Prozentual liegt der Anteil für fünf Anlagen bei acht Prozent im Jahr 2012 und erreicht 12 Prozent im Jahr 2014.

Anders betrachtet lässt sich anhand dieser Auswertung ablesen, dass im Jahr 2014 eine Einheit mit fünf Windenergieanlagen 40 Mal errichtet wurde, in 2012 kam dies dagegen 14 Mal vor. Die prozentualen An-

teile für sechs Anlagen am Gesamtzubau stiegen von fünf Prozent im Jahr 2012 auf neun Prozent im Jahr 2014. Einheiten mit acht Anlagen erreichten im Jahr 2012 rund drei und 2014 sechs Prozent. Für die Einheit mit mehr als zehn Windenergieanlagen lassen sich für 2014 rund 15 Prozent, und damit 254 Anlagen ermitteln. Die Anzahl der Einzelanlagen lag zeitgleich bei 231 beziehungsweise 13 Prozent.

Auch der Leistungsanteil für eine bis drei Einheiten nimmt mit rund 47 Prozent im Jahr 2012 auf 37 Prozent im Jahr 2014 ab. Werden die Einheiten von einer bis sechs Anlagen zusammengefasst, lässt sich errechnen, dass im Jahr 2012 rund 70 Prozent beziehungsweise 1.553 MW erreicht werden. Im Jahr 2013 steigt dieser Anteil auf 73 Prozent an und erreicht 2014 nunmehr 69 Prozent und damit 3.175 MW.

Der prozentuale Anteil für alle Kategorien ab sieben Anlagen blieb in 2014 für die Anlagenanzahl mit 32 Prozent (546 Anlagen) nahezu konstant im Vergleich zum Jahr 2012 mit 31 Prozent (293 Anlagen). Knapp 27 Prozent waren es dagegen im Jahr 2013 (298 Anlagen). Auch die insgesamt installierte Leistung blieb im Jahr 2014 mit 31 Prozent (1.451 MW) auf dem Niveau von 2012 mit 30 Prozent (676 MW), nachdem sie in 2013 auf 27 Prozent (784 MW) abgefallen war.

Die durchschnittliche Leistung der Anlagen in den einzelnen Kategorien nimmt pro Jahr leicht zu. Für das Jahr 2014 liegen diese zwischen 2,5 MW bei Einzelanlagen und 3,0 MW bei zehn Anlagen.

Tabelle 11 Anlagenanzahl in Zubau-Einheiten von Windenergieanlagen (2012 bis 2014)

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Zubau Einheiten	WEA-Anzahl			Anteile		
	2014	2013	2012	2014	2013	2012
1	231	171	150	13%	15%	16%
2	230	150	148	13%	13%	16%
3	189	117	141	11%	11%	15%
4	168	128	88	10%	11%	9%
5	200	160	70	12%	14%	8%
6	162	90	42	9%	8%	5%
7	98	56	70	6%	5%	8%
8	112	56	32	6%	5%	3%
9	72	54	36	4%	5%	4%
10	10	10	10	1%	1%	1%
>10	254	122	145	15%	11%	16%
Summe	1.726	1.114	932	100%	100%	100%

Tabelle 12 Installierte Leistung in Zubau-Einheiten von Windenergieanlagen (2012 bis 2014)

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Zubau Einheiten	installierte Leistung [MW]			Anteile		
	2014	2013	2012	2014	2013	2012
1	572	385	359	12%	13%	16%
2	612	384	335	13%	13%	15%
3	525	322	361	11%	11%	16%
4	468	323	225	10%	11%	10%
5	524	456	166	11%	16%	7%
6	474	240	107	10%	8%	5%
7	239	148	181	5%	5%	8%
8	304	140	78	7%	5%	4%
9	198	147	85	4%	5%	4%
10	30	30	21	1%	1%	1%
>10	681	318	314	15%	11%	14%
Summe	4.626	2.894	2.231	100%	100%	100%

5 Ausbau nach Standortqualitäten

Das Referenzertragsmodell soll den flächendeckenden Ausbau der Windenergie an Land unterstützen. Auch über Standortqualitäten lässt sich der Ausbau charakterisieren.

5.1 Fördersätze EEG

Das EEG teilt die Vergütung für die Windenergie an Land seit Inkrafttreten im Jahr 2000 in eine Anfangs- und Grundvergütung. Zusätzlich wird über das Referenzertragsmodell berücksichtigt, dass sich für Standorte der Windenergienutzung an Land unterschiedliche Windverhältnisse ergeben.

Die Dauer der Anfangsförderung hängt vom erreichten Referenzertrag der Anlage ab. Er wird anhand konkreter Anlagendaten und der in den ersten fünf Jahren eingespeisten Strommenge berechnet.

An windschwächeren Standorten wird die Anfangsförderung entsprechend dem Referenzertragsmodell länger gezahlt, bevor die Förderung auf die Grundvergütung sinkt.

Die Vergütungsstruktur nach EEG 2014 im Vergleich zu den vorherigen EEG-Fassungen ist in Tabelle 13 dargestellt. Zudem gibt es Anpassungen beim Referenzertragsmodell.

Tabelle 13 Fördersätze für Windenergie an Land nach verschiedenen Fassungen des EEG
Quelle: [EEG 2000], [EEG 2004], [EEG 2009], [EEG 2012], [EEG 2014], Darstellung: IE Leipzig 2015

Vergütungs-/Bonustyp	EEG 2000	EEG 2004	EEG 2009	EEG 2012	EEG 2014
Anfangsvergütung (ab EEG 2014 Anfangswert)	9,10 ct/kWh	8,70 ct/kWh	9,20 ct/kWh	8,93 ct/kWh	8,90 ct/kWh*
Grundvergütung (ab EEG 2014 Grundwert)	6,19 ct/kWh	5,50 ct/kWh	5,02 ct/kWh	4,87 ct/kWh	4,95 ct/kWh*
Systemdienstleistungsbonus (SDL-Bonus)	-	-	0,50 ct/kWh	0,48 ct/kWh	weggefallen
Repowering-Bonus	-	Verlängerung des Vergütungszeitraums der Anfangsvergütung um 2 Monate je 0,6 % Leistung unter dem Referenzertrag (statt 0,75 % ohne Repowering)	0,50 ct/kWh	0,50 ct/kWh	weggefallen
Degression	1,5 %	2,0 %	1,0 %	1,5 %	0 % in 2015, ab 2016: vierteljährliche Degression von 0,4 % bzw. höhere oder niedrigere Degression je nach Über- oder Unterschreitung des Zubau-Zielkorridors von 2.400 bis 2.600 MW

* Kosten für die verpflichtende Direktvermarktung in Höhe von 0,4 ct/kWh sind in den anzulegenden Werten eingepreist.

Im Rahmen der EEG-Reform 2014 wurde das EEG in wissenschaftlichen Vorhaben umfassend evaluiert, dabei wurden auch die Kosten für die Windenergie an Land erhoben [IE Leipzig u.a. 2014].

Die Nebeninvestitionskosten bewegen sich zwischen 159 und 525 €/kW. Der Bereich Planung und Genehmigung umfasst beispielsweise die Spanne von 39 bis 75 €/kW (Abbildung 9).

Danach lagen für das Jahr 2013 die Gesamtinvestitionskosten in einer Spannbreite von 1.159 €/kW bis 2.100 €/kW (Abbildung 10 auf der Folgeseite).

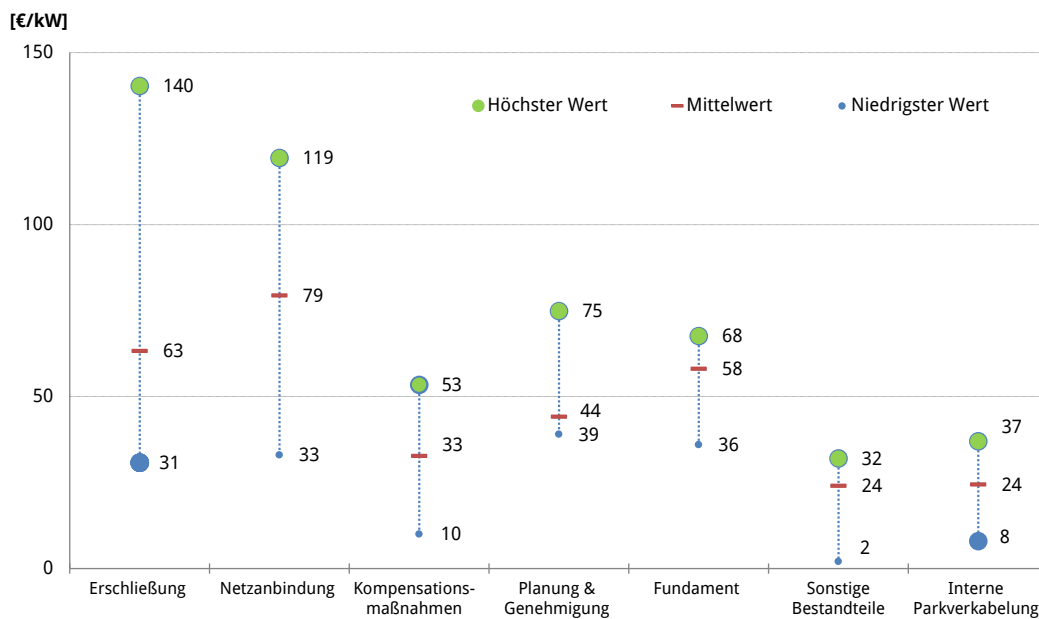
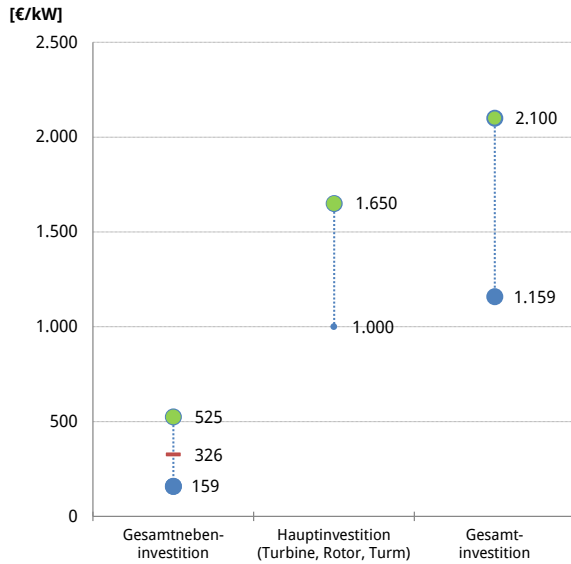


Abbildung 9 Nebeninvestitionskosten für Windenergieanlagen im Bereich von 2,0 bis 3,5 MW
 Quelle: [IE Leipzig u.a. 2014]; Darstellung: IE Leipzig 2015



Die Stromgestehungskosten wurden zunächst in Bandbreiten errechnet. Damit wurde der technologische Fortschritt, und damit sowohl die neue Anlagengeneration für die Windenergie im Binnenland als auch leistungsstarke Windenergieanlagen, vor dem Hintergrund des tatsächlichen Zubaus berücksichtigt. Auch die Spanne der Nebeninvestitionen wurde einbezogen.

Die Ergebnisse für Anlagen im Bereich von 2,0 bis 3,5 MW zeigt die folgende Abbildung 11.

Abbildung 10 Investitionskosten für Anlagen im Bereich von 2,0 bis 3,5 MW
Quelle: [IE Leipzig u.a. 2014]; Darstellung: IE Leipzig 2015

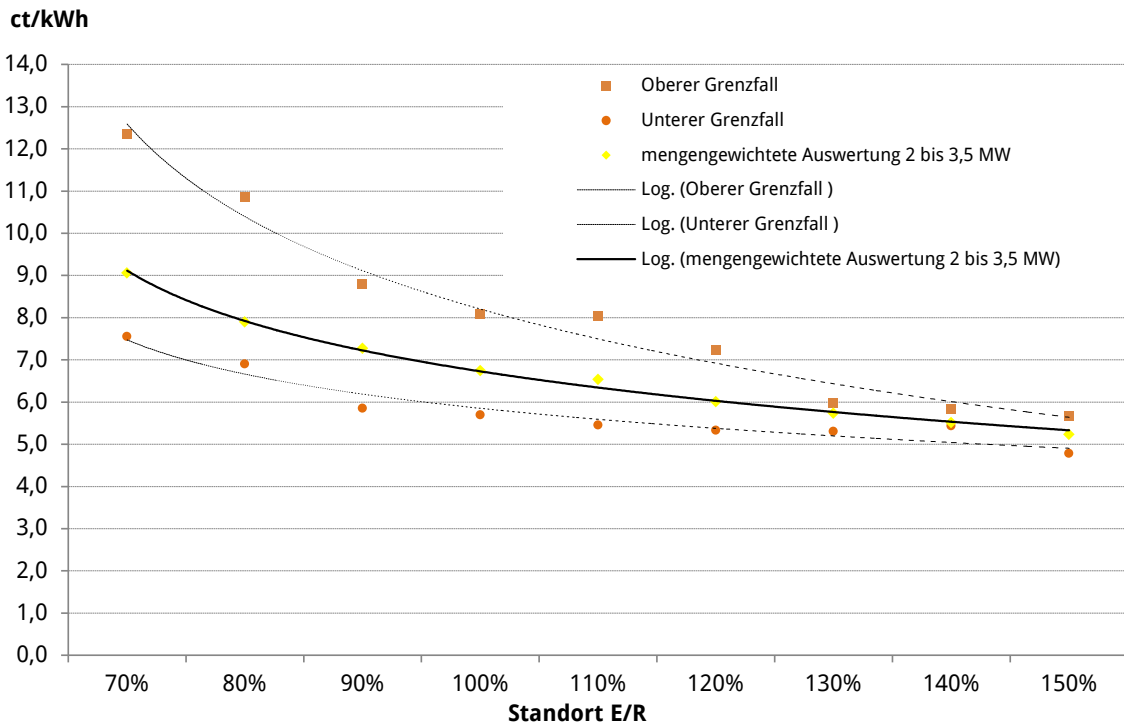


Abbildung 11 Bandbreite der Stromgestehungskosten für Windenergieanlagen im Bereich von 2,0 bis 3,5 MW
Quelle: [IE Leipzig u.a. 2014]

5.2 Standortqualitäten im Vergleich

Die Grundlage der Datenauswertung ist die BDB. Sie liefert die mittleren Jahreserträge an den einzelnen Standorten. Bei dem mittleren Jahresertrag einer Windenergieanlage handelt es sich um den wahrscheinlichen langjährigen Ertrags-Mittelwert. Der mittlere Jahresertrag einer Windenergieanlage ist auf ein 100%-Ertragsjahr bezogen, der mittels BDB-Index errechnet wird. Bei Anlagen, für die keine Erträge vorliegen, wird auf Basis der umliegenden meldenden Anlagen eine Ertragsschätzung errechnet. Anhand der Angaben zum Hersteller, der Leistung, der Nabenhöhe und dem Rotordurchmesser weist das IE Leipzig jeder Anlage zudem den spezifischen Referenzertrag zu.

Die Standortqualität ergibt sich aus dem rechnerisch ermittelten Verhältnis ‚Ertrag am Standort zu Referenzertrag der Anlage‘.⁵ Die dazugehörigen Volllaststunden werden aus den Angaben zu den mittleren Jahreserträgen und den installierten Leistungen der Anlagen berechnet.⁶

Zum Ende des Jahres 2014 liegen insgesamt 21.228 Anlagen beziehungsweise 84 Prozent unter 100 % ihres Referenzertrages (siehe Tabelle 14). Lediglich 6 Prozent (1.407 Anlagen) erreichen die Standortqualität von 100 %. Weitere 10 Prozent (2.642 Anlagen) liegen darüber.

⁵ Die Standortqualität 70 % beispielsweise umfasst in der Auswertung den E/R-Bereich von 65,0 % bis 74,9 %. Dies gilt analog für die anderen Standortqualitäten.

⁶ Es ist großflächig nicht vergleichbar, inwieweit die Erträge der Betreiberdatenbasis im Mittel mit den tatsächlich eingespeisten Mengen (ÜNB-Statistik) übereinstimmen. Die Datenbanken können nicht verglichen werden, da ein gemeinsames/verbindendes Merkmal der Statistiken fehlt.

Wird sich auf die Inbetriebnahmejahre 2012 bis 2014 konzentriert, verändert sich das Bild leicht, doch die relativ geringe Erreichung des Referenzertrages überwiegt weiterhin deutlich: Rund 79 Prozent liegen im Bereich unterhalb von 100 % Referenzertrag, 6 Prozent erreichen diesen, weitere 15 Prozent liegen darüber.

In den Bereich ab 130 % Referenzertrag fallen sowohl im Bestand als auch in den Zubaujahren 2012 bis 2014 jeweils vier Prozent der Anlagen.

Für die 70%-Standorte im Bestand lassen sich durchschnittlich 1.760 Volllaststunden errechnen. Dagegen erreichen die 120%-Standorte im Mittel 2.619 h.

Der Zeitraum 2012 bis 2014 zeigt deutlich gestiegene Volllaststunden: Diese liegen bei durchschnittlich 2.151 h an 70%-Standorten beziehungsweise 3.425 h an 120%-Standorten (Abbildung 12).

Die Analyse für die einzelnen Standortqualitäten in den Jahren 2012 bis 2014 nach installierter Leistung und Bundesländern zeigt folgendes Bild: Im Bereich von 70 % halten Brandenburg, Niedersachsen und Rheinland-Pfalz die größten Anteile. Bei 80%-Standortgüte liegen Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg vorn, gefolgt von Sachsen-Anhalt und Nordrhein-Westfalen. Die 90%-Standorte lassen sich zu gleichen Teilen in Hessen, Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt finden. Noch höher ist der Anteil von Mecklenburg-Vorpommern und vor allem Schleswig-Holstein. Diese beiden Bundesländer gemeinsam mit Niedersachsen dominieren zudem die 100%-Standorte. Schleswig-Holstein hat überwiegend im Bereich von 110 % zugebaut, doch auch in Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern stehen entspre-

chende Anlagen. Die 120- bis 150%-Standorte lassen sich vor allem in Schleswig-Holstein finden, doch auch Anlagen in Niedersachsen sind in diesen Kategorien vertreten.

Tabelle 14 Anlagenanzahl und durchschnittliche Volllaststunden nach Standortqualitäten
Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Standort-qualität	Bestand bis 2014		Zubau 2012 bis 2014	
	Ø Volllaststunden [h]	Anzahl WEA [-]	Ø Volllaststunden [h]	Anzahl WEA [-]
< 60%	1.152	2.031	1.424	176
60%	1.461	5.200	1.806	547
70%	1.763	6.561	2.151	886
80%	2.015	4.804	2.416	748
90%	2.201	2.632	2.799	536
100%	2.221	1.407	2.832	210
110%	2.432	1.066	2.876	276
120%	2.619	659	3.425	147
130%	2.695	390	3.493	69
140%	2.751	246	3.954	19
150%	3.354	281	4.748	52
Gesamt	1.863	25.277	2.429	3.666

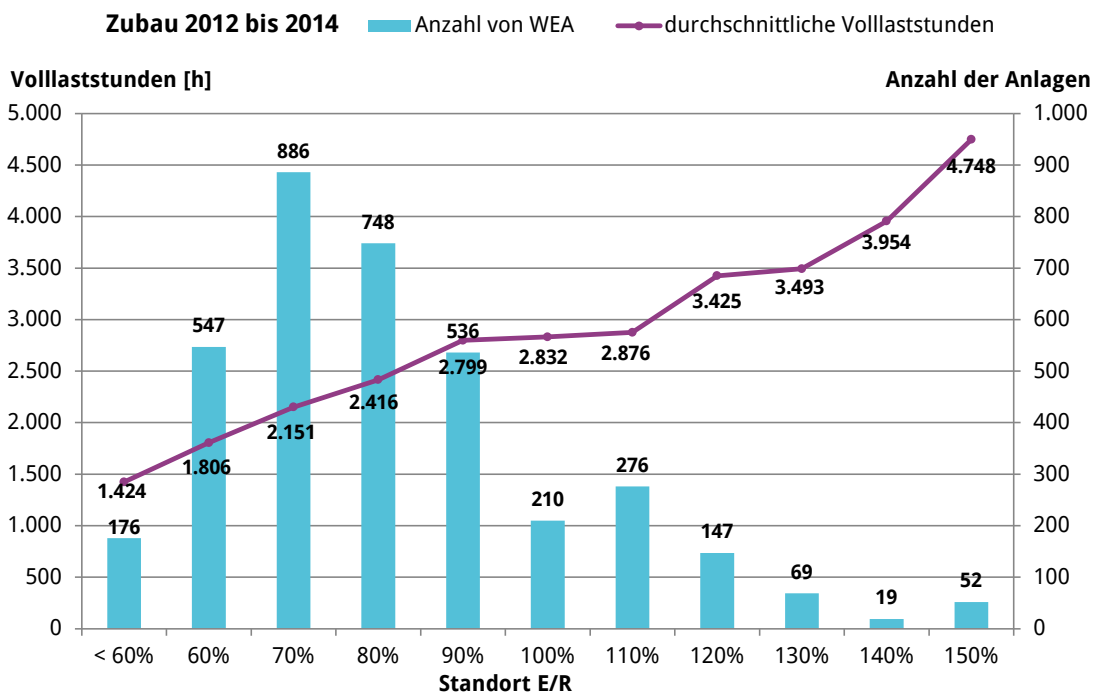


Abbildung 12 Standortqualitäten für die Zubaujahre 2012 bis 2014
Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

6 Verzeichnisse

Anhang	34
Abbildungsverzeichnis	43
Tabellenverzeichnis	44
Literaturverzeichnis	45

Anhang

Tabelle 15 Installierte Leistung und Zubau für Windenergie an Land seit 1990
Quelle: [BMW 2014], [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Jahr	MW gesamt kumuliert	MW Zubau
1990	55	0
1991	106	51
1992	174	68
1993	326	152
1994	618	292
1995	1.121	503
1996	1.549	428
1997	2.089	540
1998	2.877	788
1999	4.435	1.558
2000	6.097	1.662
2001	8.738	2.641
2002	11.976	3.238
2003	14.593	2.617
2004	16.612	2.019
2005	18.375	1.763
2006	20.568	2.193
2007	22.183	1.615
2008	23.815	1.632
2009	25.632	1.817
2010	27.012	1.380
2011	28.857	1.845
2012	30.996	2.139
2013	33.757	2.761
2014*	38.383	4.626

*Brutto-Zubau nach BDB

Tabelle 16 Entwicklungen zu Anlagenanzahl, Leistung sowie durchschnittliche Nabenhöhe und Rotordurchmesser für den Bestand ab 1990

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

<u>Bestand Ende</u> Jahr	Anlagenanzahl kumuliert [-]	Ø Rotordurchmesser [m]	Ø Nabenhöhe [m]	Ø Nennleistung [kW]
1990*	154	21	30	138
1991	333	21	31	143
1992	630	22	32	154
1993	1.061	24	33	190
1994	1.685	27	36	251
1995	2.548	31	40	328
1996	3.241	33	43	372
1997	3.984	35	46	421
1998	4.914	38	49	490
1999	6.461	41	53	595
2000	7.898	44	56	691
2001	9.903	48	60	811
2002	12.170	51	64	920
2003	13.885	54	66	998
2004	15.066	55	68	1.053
2005	16.130	56	69	1.097
2006	17.322	58	71	1.149
2007	18.197	59	72	1.184
2008	19.007	60	72	1.215
2009	19.929	61	74	1.250
2010	20.638	61	74	1.275
2011	21.504	62	76	1.314
2012	22.436	63	77	1.358
2013	23.550	65	79	1.417
2014	25.276	67	82	1.503

* Bestand ab 1990, ohne Vorjahre

Tabelle 17 Entwicklungen zu Anlagenanzahl, Leistung sowie durchschnittliche Nabenhöhe und Rotordurchmesser für den Zubau ab 1990

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

<u>für Zubau im</u> Jahr	Anlagenanzahl [-]	Ø Rotordurchmesser [m]	Ø Nabenhöhe [m]	Ø Nennleistung [kW]
1990	154	21	30	138
1991	179	22	31	147
1992	297	23	33	165
1993	431	27	35	242
1994	624	33	41	355
1995	863	39	47	478
1996	693	41	53	534
1997	743	44	59	632
1998	930	48	64	786
1999	1.547	53	66	931
2000	1.437	58	71	1.120
2001	2.005	62	75	1.286
2002	2.267	66	79	1.394
2003	1.715	70	83	1.555
2004	1.181	73	89	1.696
2005	1.064	73	86	1.719
2006	1.192	77	92	1.850
2007	875	77	91	1.891
2008	810	79	93	1.914
2009	922	79	95	1.959
2010	709	80	99	1.994
2011	866	84	106	2.223
2012	932	88	111	2.394
2013	1.114	95	117	2.598
2014	1.726	99	116	2.680

Tabelle 18 Bestand nach Bundesländern ab 1990

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Bundesland	Anzahl Anlagen [-]	Windenergienutzung		
		Installierte Leistung [MW]	Mittlerer Ertrag (theoretisch) [GWh]	Mittlerer Ertrag (korrigiert) [GWh]
Niedersachsen	5.737	8.180	15.598	10.411
Brandenburg	3.407	5.497	10.916	7.286
Schleswig-Holstein	3.358	5.151	12.971	8.658
Sachsen-Anhalt	2.612	4.246	8.310	5.546
Nordrhein-Westfalen	3.044	3.710	6.381	4.259
Rheinland-Pfalz	1.565	2.797	5.584	3.727
Mecklenburg-Vorpommern	1.678	2.556	5.614	3.747
Bayern	768	1.500	2.818	1.881
Hessen	816	1.170	2.476	1.652
Thüringen	747	1.137	2.369	1.581
Sachsen	880	1.094	2.016	1.345
Baden-Württemberg	403	546	817	545
Saarland	121	205	418	279
Bremen	81	152	308	206
Hamburg	57	53	106	70
Berlin	2	4	8	6
Summe	25.276	37.998	76.710	51.200

Erläuterung zu „Mittlerer Ertrag“ mit Korrekturfaktor:

Bei dem mittleren Jahresertrag einer Windenergieanlage nach BDB handelt es sich um den wahrscheinlichen langjährigen Ertrags-Mittelwert. Der mittlere Jahresertrag einer Windenergieanlage ist auf ein 100%-Ertragsjahr bezogen, der mittels BDB-Index errechnet wird.

Die Summe der mittleren Erträge nach BDB übersteigt den vorläufigen Gesamtenergieertrag im Jahr 2014. Der vorläufige reale Gesamtenergieertrag wurde durch den über die BDB ermittelten theoretischen Gesamtenergieertrag dividiert, somit wurde ein Korrekturfaktor in Höhe von 0,6674 berechnet. Der Korrekturfaktor wurde vereinfacht auf die theoretischen mittleren Erträge der BDB nach Bundesland angewendet.

Tabelle 19 Struktur des Zubaus nach Leistungsklassen – Anlagenanzahl ab 1990
 Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Jahr	Anzahl der WEA je Leistungsklasse [kW]					Gesamt Anzahl [-]
	<=500	>500-1.000	>1.000-2.000	>2.000-3.000	>3.000	
1990	154	-	-	-	-	154
1991	179	-	-	-	-	179
1992	297	-	-	-	-	297
1993	427	4	-	-	-	431
1994	536	88	-	-	-	624
1995	564	298	1	-	-	863
1996	379	308	6	-	-	693
1997	327	354	62	-	-	743
1998	276	462	192	-	-	930
1999	232	785	530	-	-	1.547
2000	48	687	698	4	-	1.437
2001	12	748	1.236	9	-	2.005
2002	16	641	1.602	7	1	2.267
2003	4	290	1.389	31	1	1.715
2004	7	147	978	44	5	1.181
2005	-	129	880	52	3	1.064
2006	2	124	931	120	15	1.192
2007	2	114	626	121	12	875
2008	5	83	589	129	4	810
2009	-	108	586	216	12	922
2010	-	97	343	253	16	709
2011	-	61	208	555	42	866
2012	-	31	216	580	105	932
2013	-	40	100	666	308	1.114
2014	1	38	98	1.017	572	1.726
Summe	3.468	5.637	11.271	3.804	1.096	25.276

Tabelle 20 Struktur Zubau nach Leistungsklassen - Installierte Leistung ab 1990

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Jahr	Leistung [MW] je Leistungsklasse [kW]					Gesamt [MW]
	<=500	>500-1.000	>1.000-2.000	>2.000-3.000	>3.000	
1990	21	-	-	-	-	21
1991	26	-	-	-	-	26
1992	49	-	-	-	-	49
1993	102	3	-	-	-	104
1994	169	53	-	-	-	221
1995	229	182	2	-	-	413
1996	172	189	9	-	-	370
1997	156	226	88	-	-	470
1998	132	318	282	-	-	731
1999	113	569	759	-	-	1.441
2000	23	523	1.053	10	-	1.609
2001	5	571	1.979	23	-	2.578
2002	7	484	2.647	17	5	3.160
2003	1	231	2.353	75	5	2.666
2004	3	116	1.757	104	24	2.003
2005	-	103	1.588	122	15	1.829
2006	0	102	1.764	279	61	2.205
2007	1	92	1.221	283	57	1.654
2008	1	68	1.157	301	23	1.550
2009	-	86	1.159	508	54	1.806
2010	-	78	681	583	72	1.414
2011	-	49	415	1.318	142	1.925
2012	-	25	429	1.391	387	2.231
2013	-	32	200	1.642	1.020	2.894
2014	1	30	194	2.571	1.831	4.626
Summe	1.212	4.128	19.735	9.227	3.695	37.998

Tabelle 21 Mittlere Rotordurchmesser

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Bundesland	Mittlerer Rotordurchmesser			
	Zubau 2012 [m]	Zubau 2013 [m]	Zubau 2014 [m]	Bestand [m]
Baden-Württemberg	83	108	89	66
Bayern	94	105	109	85
Berlin	-	-	82	82
Brandenburg	89	94	99	73
Bremen	104	90	99	72
Hamburg	-	117	103	52
Hessen	87	105	107	69
Mecklenburg-Vorpommern	90	96	96	67
Niedersachsen	84	89	95	63
Nordrhein-Westfalen	81	85	94	60
Rheinland-Pfalz	97	100	107	76
Saarland	79	108	104	76
Sachsen	80	94	93	61
Sachsen-Anhalt	87	93	96	71
Schleswig-Holstein	84	90	97	64
Thüringen	93	97	95	71
Bundesdurchschnitt	88	95	99	67

Tabelle 22 „Windparks“ im Bestand - Entwicklung der Anlagenanzahl

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Bestand Anlagenanzahl im WP	WEA-Anzahl			Anteile		
	bis 2014	bis 2013	bis 2012	bis 2014	bis 2013	bis 2012
1	3.897	3.737	3.627	15%	16%	16%
2	2.844	2.672	2.558	11%	11%	11%
3	2.466	2.334	2.268	10%	10%	10%
4	2.264	2.124	1.992	9%	9%	9%
5	1.990	1.845	1.695	8%	8%	8%
6	1.380	1.236	1.134	5%	5%	5%
7	1.204	1.085	1.015	5%	5%	4%
8	1.176	1.080	1.040	5%	5%	5%
9	1.134	1.053	1.017	4%	4%	5%
10	1.040	990	940	4%	4%	4%
>10	6.029	5.542	5.298	24%	23%	23%
Summe	25.424	23.698	22.584	100%	100%	100%

Tabelle 23 „Windparks“ im Bestand - Entwicklung der installierten Leistung

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Bestand Anlagenanzahl im WP	installierte Leistung [MW]			Anteile		
	bis 2014	bis 2013	bis 2012	bis 2014	bis 2013	bis 2012
1	3.787	3.383	3.141	10%	10%	10%
2	3.819	3.364	3.083	10%	10%	10%
3	3.529	3.164	2.979	9%	9%	10%
4	3.456	3.053	2.735	9%	9%	9%
5	3.424	3.024	2.566	9%	9%	8%
6	2.387	1.976	1.701	6%	6%	6%
7	2.043	1.731	1.554	5%	5%	5%
8	2.035	1.774	1.653	5%	5%	5%
9	1.893	1.648	1.549	5%	5%	5%
10	1.747	1.615	1.475	5%	5%	5%
>10	9.888	8.650	8.051	26%	26%	26%
Summe	38.008	33.381	30.487	100%	100%	100%

Tabelle 24 Zubau von „Windparks“ - Entwicklung der Anlagenanzahl ab 2012

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Zubau Anlagenanzahl im WP	WEA-Anzahl			Anteile		
	2012 bis 2014	2012 bis 2013	2012	2012 bis 2014	2012 bis 2013	2012
1	465	285	150	12%	14%	16%
2	428	260	148	11%	13%	16%
3	393	231	141	10%	11%	15%
4	372	212	88	10%	10%	9%
5	445	250	70	12%	12%	8%
6	288	150	42	8%	7%	5%
7	280	154	70	7%	8%	8%
8	184	72	32	5%	4%	3%
9	171	63	36	5%	3%	4%
10	60	60	10	2%	3%	1%
>10	686	309	145	18%	15%	16%
Summe	3.772	2.046	932	100%	100%	100%

Tabelle 25 Zubau von „Windparks“ - Entwicklung der installierten Leistung ab 2012

Quelle: [BDB 2015]; Berechnung und Darstellung: IE Leipzig 2015

Zubau Anlagenanzahl im WP	installierte Leistung [MW]			Anteile		
	2012 bis 2014	2012 bis 2013	2012	2012 bis 2014	2012 bis 2013	2012
1	1.082	644	359	11%	13%	16%
2	1.067	612	335	11%	12%	15%
3	1.049	613	361	11%	12%	16%
4	970	529	225	10%	10%	10%
5	1.198	682	166	12%	13%	7%
6	827	416	107	8%	8%	5%
7	732	399	181	8%	8%	8%
8	469	178	78	5%	3%	4%
9	446	160	85	5%	3%	4%
10	158	154	21	2%	3%	1%
>10	1.755	737	314	18%	14%	14%
Summe	9.752	5.126	2.231	100%	100%	100%

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Aufbau der Marktanalyse.....	6
Abbildung 2	Basisangaben der befragten Projektentwickler	9
Abbildung 3	Entwicklung des Zubaus seit 1990 (Angaben ohne Rückbau für 2014).....	15
Abbildung 4	Entwicklung der Anlagenanzahl, durchschnittlichen Leistung, Nabenhöhe, Rotordurchmesser ab 1990	17
Abbildung 5	Struktur des Zubaus nach Leistungsklassen – Anlagenanzahl.....	19
Abbildung 6	Struktur des Zubaus nach Leistungsklassen – Installierte Leistung	19
Abbildung 7	Anlagenanzahl und installierte Leistungen in den “ Windpark“-Kategorien – Bestand 2014	24
Abbildung 8	Anlagenanzahl und installierte Leistungen in den „Windpark“-Kategorien - Zubau 2012 bis 2014.....	25
Abbildung 9	Nebeninvestitionskosten für Windenergieanlagen im Bereich von 2,0 bis 3,5 MW ...	29
Abbildung 10	Investitionskosten für Anlagen im Bereich von 2,0 bis 3,5 MW.....	30
Abbildung 11	Bandbreite der Stromgestehungskosten für Windenergieanlagen im Bereich von 2,0 bis 3,5 MW.....	30
Abbildung 12	Standortqualitäten für die Zubaujahre 2012 bis 2014	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Entwicklung der Windstromerträge	16
Tabelle 2	Bestand an Windenergieanlagen ab 1990.....	16
Tabelle 3	Entwicklung des Brutto-Zubaus 2012 bis 2014	17
Tabelle 4	Durchschnittliche Leistung 2012 bis 2014.....	18
Tabelle 5	Generator-Rotor-Verhältnisse	20
Tabelle 6	Mittlere Nabenhöhen	21
Tabelle 7	Mittlere Anlagenhöhen	21
Tabelle 8	Marktanteile der Hersteller im Bestand	22
Tabelle 9	Marktanteile der Hersteller (2013/2014)	22
Tabelle 10	Windparks im Anlagenregister 2014.....	25
Tabelle 11	Anlagenanzahl in Zubau-Einheiten von Windenergieanlagen (2012 bis 2014)	27
Tabelle 12	Installierte Leistung in Zubau-Einheiten von Windenergieanlagen (2012 bis 2014)...	27
Tabelle 13	Fördersätze für Windenergie an Land nach verschiedenen Fassungen des EEG.....	28
Tabelle 14	Anlagenanzahl und durchschnittliche Volllaststunden nach Standortqualitäten	32
Tabelle 15	Installierte Leistung und Zubau für Windenergie an Land seit 1990	34
Tabelle 16	Entwicklungen zu Anlagenanzahl, Leistung sowie durchschnittliche Nabenhöhe und Rotordurchmesser für den Bestand ab 1990.....	35
Tabelle 17	Entwicklungen zu Anlagenanzahl, Leistung sowie durchschnittliche Nabenhöhe und Rotordurchmesser für den Zubau ab 1990.....	36
Tabelle 18	Bestand nach Bundesländern ab 1990.....	37
Tabelle 19	Struktur des Zubaus nach Leistungsklassen – Anlagenanzahl ab 1990	38
Tabelle 20	Struktur Zubau nach Leistungsklassen - Installierte Leistung ab 1990.....	39
Tabelle 21	Mittlere Rotordurchmesser	40
Tabelle 22	„Windparks“ im Bestand - Entwicklung der Anlagenanzahl.....	41
Tabelle 23	„Windparks“ im Bestand - Entwicklung der installierten Leistung	41
Tabelle 24	Zubau von „Windparks“ - Entwicklung der Anlagenanzahl ab 2012.....	42
Tabelle 25	Zubau von „Windparks“ - Entwicklung der installierten Leistung ab 2012	42

Literaturverzeichnis

AG EB 2014	Arbeitsgruppe Energiebilanzen e.V.(AGEB): Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern (Stand 12.12.2014), Berlin, 2014.
BDB 2015	Betreiber-Datenbasis (BDB): Stand Januar 2015, Rade, 2015.
BMWi 2014	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) (Stand: August 2014), Berlin, 2014.
BNetzA 2015	Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA): Veröffentlichung Anlagenregister August bis Dezember 2014, Bonn, 2015.
DWG 2015	Deutsche WindGuard GmbH (DWG): Status des Windenergieausbaus an Land 2014, im Auftrag von BWE und VDMA, Varel, 2015.
EEG 2000	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energie-Gesetz – EEG): Fassung vom 22.12.2003.
EEG 2004	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energie-Gesetz – EEG): Fassung vom 07.11.2006.
EEG 2009	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energie-Gesetz – EEG): Fassung vom 21.07.2011.
EEG 2012	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energie-Gesetz – EEG): Fassung vom 20.12.2012.
EEG 2014	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energie-Gesetz – EEG): Fassung vom 22.12.2014.
IE Leipzig u.a. 2014	Leipziger Institut für Energie GmbH, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg und BioConsult GmbH & Co.KG (IE Leipzig u.a.): Vorhaben Iie - Stromerzeugung aus Windenergie, Wissenschaftlicher Bericht EEG 2012, FKZ 03MAP262, Hamburg/Husum, 2014.
Leuphana u.a. 2013	Leuphana Universität Lüneburg und trend:research GmbH (Leuphana u.a.): Definition und Marktanalyse von Bürgerenergie in Deutschland, Studie im Auftrag der Initiative „Die Wende – Energie in Bürgerhand“ und der Agentur für Erneuerbare Energien, 1. Auflage, Bremen/Lüneburg, 2013.
MWKEL RLP 2013	Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland-Pfalz (MWKEL RLP): Windenergie und Kommunen - Leitfaden für die kommunale Praxis, Mainz, 2013.