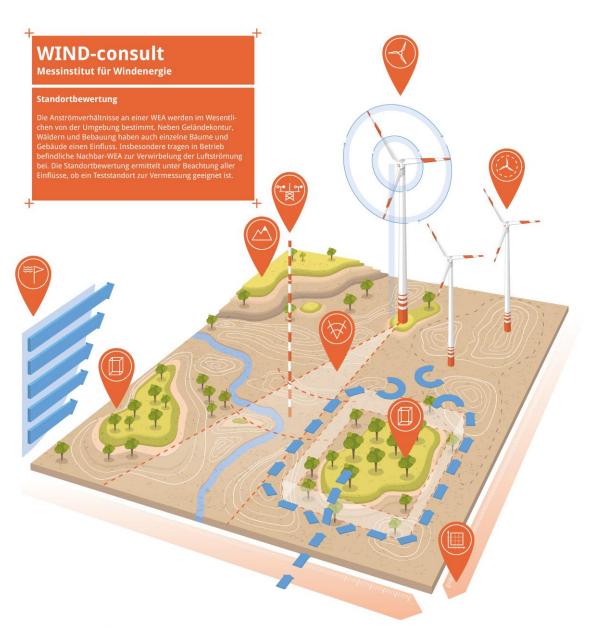


im Rahmen des INTERREG-Projektes WEBSR2 im Auftrag des PLANUNGSVERBANDES REGION ROSTOCK







#### Windströmung

Die Energie des Windes bestimmt das Leistungsverhalten einer Windenergieanlage. Der Energiegehalt des Windes steigt kubisch mit der Windegschwindigkeit, die mit der Höhe über Grund logarithmisch zu nimmt.



#### Windmessmast

Die Windgeschwindigkeit wird in Nabenhöhe in einer Entfernung von 2- bis 4-mal des Rotordurchmessers der Windenergieanlage gemessen. Zusätzlich werden die Windrichtung, Lufttemperatur, -feuchte und -druck erfasst.



#### Test - Windenergieanlage

Zu vermessene Windenergieanlage, die nicht im Nachlauf benachbarter Windenergieanlagen oder Hindernissen steht und möglichst in Hauptwindrichtung frei angeströmt wird. Es wird die elektrische Leistung der Windenergieanlage gemessen.



#### löhenprofi

Anstiege und Höhenänderungen der Landschaft haben einen Einfluss auf die Windverhältnisse am Standort und sind, um eine möglichst gleichmäßige Strömung zu gewährleisten, nur in gewissen Grenzen erlaubt.



#### Messsektor

Frei angeströmter Windrichtungsbereich, der zur Auswertung der Messdaten genutzt werden darf. Dieser wird durch benachbarte Windenergieanlagen, Hindernisse und die Orographie begrenzt.



#### Nachbar - Windenergieanlage

Eine Windenergieanlage, die ein Strömungshindernis darstellt. Der Rotordurchmesser und die Entfernung zur Test- Windenergieanlage sind dabei die maßgeblichen Großen zur Ermittlung der Messsektorreduzierung.



#### eststandort

Gebiet mit einer Ausdehnung bis zum 8-fachen der Entfernung zwischen Messmast und Test-Windenergieanlage, das hinsichtlich der Oberflächenkontur, der Hindernisse und der benachbarten Windenergieanlagen untersucht wird.



#### Hindernis

Bäume, Wälder, Gebäude etc., die die Windströmung signifikant beeinflussen. Sie reduzieren den Messsektor.



#### Auftraggeber:

Regionaler Planungsverband Region Rostock c/o Amt für Raumordnung und Landesplanung Region Rostock Landesbehördenzentrum Erich-Schlesinger-Straße 35 18059 Rostock

Ansprechpartner: Herr Gerd Schäde

Herr Matthias Plehn



#### Auftragnehmer:

WIND-consult Ingenieurgesellschaft für umweltschonende Energiewandlung mbH Reuterstraße 9 D-18211 Admannshagen-Bargeshagen

Bearbeiter: Herr Dipl.-Ing. Nils Schlüter

Herr Dipl.-Ing. Joachim Schwabe Herr Dipl.-Ing. Dietmar Wüstenberg



## Im Rahmen des INTERREG-Projektes WEBSR2:





Admannshagen-Bargeshagen, den 30.10.2013

WIND-consult GmbH Seite 3 von 82



#### Inhalt 1 Einleitung ...... 7 2 Aufgabenstellung......9 3 Stand der Windenergiewirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern und in der Planungsregion Rostock...... 10 4 Zertifizierungsprozess bei der Neu- und Weiterentwicklung von Windenergieanlagen...... 12 4.1 4.2 4.3 4.3.1 4.3.2 4.3.2.2 GL-Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen ......19 5 5.1 5.1.1 5.1.2 Standort 23 5.1.3 Umfang der Messung......23 5.2 5.2.1 Beschreibung der Messung ......23 5.2.2 5.2.3 Umfang der Messung......24 5.3 5.3.1 Beschreibung der Messung ......25 5.3.2 Umfang der Messung......26 5.3.3 5.4 5.4.1 5.4.2 Umfang der Messung......27 5.4.3 5.5 5.5.1



9	Entscheidungskriterien für die Landesplanungs- und Genehmigungsbehörden zur Beurteilung von Erprobungsstandorten	57
8.3	Steuerungsmöglichkeiten	56
8.2.2	Forschung und Entwicklung mit WEA	55
8.2.1	Forschung und Entwicklung an WEA	55
8.2	Forschungsstandorte für F&E-Projekte	55
8.1	Teststandorte zur Typenzertifizierung	54
8	Steuerungsmöglichkeiten für die Bereitstellung und Nutzung von Erprobungsstandorten	54
7.4	Zusammenfassung der Umfrageergebnisse	51
7.3.7	Taktzeit	50
7.3.6	F&E-Projekte	49
7.3.5	Standortattraktivität	46
7.3.4	Regionaler Bedarf an Teststandorten	44
7.3.3	Gesamter Bedarf an Teststandorten	42
7.3.2	Allgemeines	40
7.3.1	Voraussetzungen und Annahmen	40
7.3	Auswertung	40
7.2	Aufbau der Umfrage	40
7.1	Hintergrund und Ansatz	39
7	Analyse zum Bedarf an Erprobungsstandorten für Windenergieanlagen	39
6.4	Schlussfolgerungen für Eignungsgebiete	36
6.3	Ablauf einer Standortbewertung	
6.2.2	Bewertung des Geländes	
6.2.1	Bewertung der Hindernisse und Nachbar-WEA	
6.2	Kriterien und Grenzwerte einer Standortbewertung	
6.1	Ziel einer Standortbewertung	
6	Anforderungen an einen Vermessungsstandort für Windenergieanlagen	
5.6.3	Umfang der Messung	
5.6.2	Standort	
5.6.1	Beschreibung des Messverfahrens	
5.6	Messung der Schallemission	
5.5.3	Umfang der Messung	
5.5.2	Standort	28



9.1	Kriterien des Zertifizierungsprozesses	57
9.2	Gremium für F&E Standorte	60
10	Konzepte zur Nutzung von Eignungsgebieten für Erprobungsstandorte	61
10.1	Bebauungskonzepte	61
10.1.1	Anordnung in einer Reihe	61
10.1.2	Mischbebauung	62
10.1.3	Bebauung in mehreren Bebauungsphasen	62
10.2	Zeitraumkonzepte	64
10.2.1	Langzeit-Erprobungsstandort	64
10.2.2	Testfeld mit kurzen Rückbauzeiten	64
11	Zusammenfassung	65
12	Ausblick und Handlungsempfehlungen	66
13	Abbildungsverzeichnis	67
14	Tabellenverzeichnis	68
15	Quellenverzeichnis	69
16	Anhang	71



# 1 Einleitung

Die Windenergiewirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern hat sich in den letzten Jahren mit einer beeindruckenden Dynamik entwickelt. Von der Projektentwicklung und Konzeption über die Produktion und Zulieferung sowie Forschung und Entwicklung bis hin zu Service und Wartung finden sich national und international tätige Unternehmen der gesamten Wertschöpfungskette im Land.

In Mecklenburg-Vorpommern nimmt diesbezüglich die Planungsregion Rostock (PR-RR) eine hervorgehobene Position ein. Sie gehört zu den Zentren der Windenergiewirtschaft in Deutschland und zeichnet sich sowohl durch eine hohe Dichte von errichteten Windenergieanlagen (WEA) als auch von Unternehmen der Windenergiewirtschaft aus. Neben dem zunehmenden Bedarf an Standorten für WEA zur konventionellen Energieerzeugung hat sich in den letzten Jahren auch ein unabweisbarer Bedarf der regionalen Wirtschaft an WEA-Standorten für Test- und Erprobungszwecke bzw. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben entwickelt.

Grundsätzlich ist die Errichtung von WEA in der Planungsregion Rostock auf die dafür festgelegten Eignungsgebiete beschränkt. Ergänzend dazu ist im Regionalen Raumentwicklungsprogramm (RREP) vom 22.08.2011 eine Ausnahmeregelung festgeschrieben:

" ... Betriebe, die Windenergieanlagen (WEA) entwickeln, herstellen oder erproben, dürfen Anlagen zu Erprobungszwecken in Ausnahmefällen auch außerhalb der Eignungsgebiete errichten, wenn ihnen geeignete Standorte innerhalb der Eignungsgebiete nicht zur Verfügung stehen. Mit dieser Festlegung soll gewährleistet werden, dass, unabhängig von der Verfügbarkeit freier Standorte in den Eignungsgebieten, für die regionale Wirtschaft notwendige Versuchsanlagen und Prototypen von Neuentwicklungen errichtet werden können. Die Ausnahmeregelung umfasst auch solche Vorhaben, die der Entwicklung und Erprobung von Technologien zur weiteren Umwandlung und Zwischenspeicherung von Elektrizität aus Windenergie dienen…".

Die Beurteilung solcher Ausnahmefälle hat sich in der Vergangenheit immer wieder als schwierig erwiesen. Streitfrage war dabei regelmäßig, welche besonderen Vorhabenszwecke eine Ausnahme überhaupt rechtfertigen, und wo die Grenze zwischen einem Prototyp und einer "normalen" WEA, die in erster Linie der kommerziellen Stromerzeugung dient, zu ziehen sei. Dabei ist durch die Landesplanungsbehörde zu beachten, dass die Errichtung von WEA außerhalb der festgelegten Eignungsgebiete tatsächlich auf Ausnahmefälle beschränkt bleiben muss und nicht zur Regel werden darf.

Die im Jahr 2011 begonnene Studie sollte sich zunächst auf die Anwendung dieser Ausnahmeregelung beschränken. Aufgrund des Ende 2011 gefassten Beschlusses zur Fortschreibung des Regionalen Raumentwicklungsprogramms wurden nunmehr auch planerische Fragen der Flächenvorsorge für Test- und Erprobungsstandorte innerhalb von Eignungsgebieten in die Betrachtungen mit einbezogen.

Mit der vorliegenden Studie sollen für den Planungsverband und die zuständigen Landesbehörden Kriterien und Entscheidungshilfen für

- die Beurteilung von WEA mit Test- bzw. Erprobungsbedarf und
- die Planung bzw. Genehmigung von Test- bzw. Erprobungsstandorten innerhalb und außerhalb von Eignungsgebieten

erarbeitet und abgeleitet werden.

WIND-consult GmbH Seite 7 von 82



Damit sollen die Grundlagen für eine Vereinheitlichung der Beurteilungs- und Planungspraxis geschaffen werden, um für die Unternehmen der Windenergiewirtschaft Standortpotenzial für Test, Erprobung sowie Forschung und Entwicklung zu sichern.

Die Ergebnisse sollen in die aktuell laufende Fortschreibung des Regionalen Raumentwicklungsprogrammes im Kapitel Energie Eingang finden. Die Anwendbarkeit der vorliegenden Ergebnisse beschränkt sich jedoch nicht allein auf die Region Rostock. Auftraggeber und Auftragnehmer gehen davon aus, dass diese Studie auch wichtige Hinweise für die Fortschreibung der Raumentwicklungsprogramme und die Beurteilungspraxis der Landesplanungsbehörden in den übrigen drei Planungsregionen des Landes Mecklenburg-Vorpommern liefert.



# 2 Aufgabenstellung

In Abstimmung mit dem Planungsverband Region Rostock wurden nachfolgende Inhalte als Aufgabenstellung für die Studie formuliert:

- Darstellung des aktuellen Entwicklungsstandes der Windenergiewirtschaft in der Planungsregion Rostock und der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit der regionalen Unternehmen
- Beschreibung der wesentlichen Entwicklungsphasen bei der Neu- und Weiterentwicklung von Windenergieanlagen
- Beschreibung der wesentlichen Inhalte des Erprobungs- und Vermessungsprogramms, das für WEA-Prototypen regelmäßig durchzuführen ist
- Darstellung der besonderen Standortanforderungen, die für einen Erprobungs- und Vermessungsbetrieb von WEA-Prototypen regelmäßig erfüllt sein müssen
- Durchführung einer Umfrage an Hersteller und Konstruktions- / Entwicklungsbüros von Windenergieanlagen zum voraussichtlichen Bedarf an Test-Standorten für Prototyp-WEA und Forschungs- und Entwicklungsvorhaben
- Abschätzung des voraussichtlichen Bedarfes an Standorten für WEA-Prototypen in der Planungsregion Rostock für den Zeitraum bis 2025
- Erörterung der praktischen Vor- und Nachteile verschiedener Steuerungsmöglichkeiten wie z.B. Kontingentierung von Standorten, Befristung der Betriebsdauer, definierte Mindestanforderungen an den Innovationsgehalt der Prototypen, Vorhaltung reservierter Flächen in begrenztem Umfang
- Ableitung allgemeiner Entscheidungsregeln und -kriterien für die Landesplanungsbehörde zur Beurteilung von WEA mit Test- und Erprobungsbedarf bzw. in Forschungsund Entwicklungsvorhaben unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten
- Ableitung von Empfehlungen zur Flächenvorsorge für Test-, Erprobungs- und Forschungsvorhaben im Rahmen der Fortschreibung des Regionalen Raumentwicklungsprogramms und diesbezügliche Bewertung möglicher Eignungsgebiete



# 3 Stand der Windenergiewirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern und in der Planungsregion Rostock

Mecklenburg-Vorpommern (M-V) gehört zu den Bundesländern, die bei der Nutzung der Windenergie vergleichsweise weit fortgeschritten sind. Mit Stand vom 31.12.2012 waren hier über 1.500 Windenergieanlagen (WEA) mit einer insgesamt installierten Leistung von über 1.950 MW in Betrieb. Damit nimmt Mecklenburg-Vorpommern die 3. Position unter den norddeutschen Bundesländern und bundesweit die 7. Position ein. /WIN/

Allein in 2012 belief sich der Zubau auf 124 WEA mit einer installierten Leistung von 308 MW. Das ist die drittgrößte Zubaurate in Deutschland mit einem bundesweiten Anteil am Zubau von 12,6 %.

In der Planungsregion Rostock (PR-RR) sind aktuell (Stand Sommer 2013) 216 WEA mit insgesamt 260 MW installierter Leistung am Netz. Weitere 160 Anlagen mit insgesamt 450 MW sind in Planung, wovon bereits 66 WEA mit insgesamt 192 MW durch die Immissionsschutzbehörde genehmigt wurden. Zum Teil sind die betreffenden Windparks bereits im Bau.

Um den weiteren Bedarf an Standorten zu decken, sind in allen vier Planungsregionen die Fortschreibungen der Regionalen Raumentwicklungsprogramme zum Kapitel Energie in Bearbeitung. Ziel ist die Ausweisung weiterer Eignungsgebiete für die Windenergienutzung.

Die Windenergiewirtschaft ist in Mecklenburg-Vorpommern mit Unternehmen und Institutionen aus allen Bereichen, wie Projektentwicklung und Betrieb, Produktion und Zulieferung, Forschung und Entwicklung sowie Service und Wartung vertreten. Den Kern bilden drei Hersteller mit Produktionsstandorten in M-V, davon zwei in der PR-RR. Weitere Herstellerniederlassungen und Ingenieurbüros sind mit Konstruktions- und Entwicklungsaufgaben für WEA in der Region befasst.

Dieser industrielle Kern entfaltet eine Anziehungskraft für weitere Unternehmensansiedlungen der Windenergiebranche im On- und Offshorebereich, wie z.B. Turm- und Rotorblattfertigung, WEA-Komponenten und weitere Zulieferer und Dienstleister, insbesondere im Offshorebereich.

Wissenschaftliche Partner der Windenergiebranche sind die Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsinstitute des Landes. Sie sind beteiligt an zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten der Branche und leisten einen wesentlichen Beitrag zur Deckung des Fachkräftebedarfs.

Mit der hohen Konzentration an Branchenunternehmen, insbesondere von Herstellern und Entwicklungsbüros von WEA in der Region Rostock, erwächst in dieser Region auch eine erhöhte Nachfrage zu Test- und Erprobungsstandorten. Nach Informationen des Auftraggebers wurden im Zeitraum von 2005-2012 10 Prototyp-WEA errichtet, teilweise in vorhandenen Eignungsgebieten, teilweise über Ausnahmeregelungen außerhalb. Aktuell liegen Anträge für die Errichtung von sechs Prototypen vor.

Die Entwicklung eines Prototypen von der Idee bis zur Markteinführung dauert in der Regel zwischen zwei und fünf Jahren, unabhängig von der Größe des Unternehmens. Zum Teil nehmen allein die Messungen an einem Teststandort zur Zertifizierung (siehe Kapitel 4.3) bis zu zwei Jahre in Anspruch.

Mit der Neuentwicklung von WEA sind die Hersteller und Entwickler bestrebt ihre WEA kostengünstiger und ertragsstärker am Markt anbieten zu können.



Um dies zu erreichen, sind Test- und Erprobungsstandorte erforderlich, an denen u.a. Reglungsverfahren, Turmkonzepte, Optionspakete (Anpassung an den Standort und die Umgebungsbedingungen, wie z.B. Rotorblattenteisungssysteme) validiert und Entwicklungen zur Betriebs-, Ertragsund Kostenoptimierung, wie z.B. Regelstrategien, Zuverlässigkeit, Sensor- und Komponentenerprobung, Energiespeichersysteme, Gewichtsreduktion u.v.m., vorangetrieben werden können.

Dieser wachsende Bedarf hat den Planungsverband der Region Rostock veranlasst, auf Basis dieser Studie und mit der Fortschreibung des Regionalen Raumentwicklungsprogramms, künftig Flächen innerhalb von Eignungsgebieten mit Standorten für Test- und Erprobung von WEA bzw. für Forschung und Entwicklung bereitzustellen und Steuerungsinstrumente für die Genehmigung und Nutzung abzuleiten.

Dazu ist festzustellen, dass sich WEA zu Test- und Forschungszwecken in Ihrer Betriebsweise und Wirtschaftlichkeit nur unwesentlich von kommerziellen WEA unterscheiden. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Minderertrag im Durchschnitt bei ca. 10 % pro Jahr liegt und somit übliche Refinanzierungszeiträume von 10 bis 15 Jahren erreicht werden können. Damit werden auch Test- und Forschungs-WEA einen vergleichbaren Beitrag zur Windstromerzeugung im Sinne der Energiewende und der Erhöhung des regenerativen Energieanteils an der regionalen Stromerzeugung leisten.

Mit der regionalplanerischen Festschreibung von Flächen und Standorten für WEA zu Test- und Forschungszwecken wird eine Lösung der Standortproblematik angestrebt, mit deren konsequenter Umsetzung folgende positive Effekte zu erwarten sind:

- langfristig gesicherte Standortverfügbarkeit für Test- und Forschungszwecke
- Standortnähe für regionale Hersteller, Lieferanten, Dienstleister und FE-Einrichtungen
- Verstärkung bzw. Ausbildung von Netzwerken, Clustern und Kooperationen in der Branche
- Steigerung der regionalen Attraktivität für Unternehmensansiedlungen
- Konzentration und Ausprägung der Wertschöpfungskette in der Region bzw. in M-V
- überregionale "Sogwirkung" auf Unternehmen und Institutionen außerhalb von M-V

Die langfristige und regionalplanerische Sicherung von Standorten für Test und Forschung an WEA stellt einen wesentlichen Faktor für die Gewährleistung der Kontinuität und Wettbewerbsfähigkeit für die Windenergiewirtschaft in der Planungsregion und in Mecklenburg-Vorpommern dar.

WIND-consult GmbH Seite 11 von 82



# 4 Zertifizierungsprozess bei der Neu- und Weiterentwicklung von Windenergieanlagen

Windenergieanlagen (WEA) unterliegen einer ständigen Neu- und Weiterentwicklung. So werden zur Zeit z.B. Anlagen mit großen Nabenhöhen und Rotorkreisflächen entwickelt, um Binnenlandstandorte mit geringeren Windgeschwindigkeiten noch effektiver erschließen zu können.

Eine neuentwickelte WEA kann nicht ohne weiteres aufgestellt oder vertrieben werden. Aus baurechtlicher Sicht bedarf es in Deutschland einer Baugenehmigung, die nur mit einer Typenprüfung erteilt wird. Andererseits wird auch ein Nachweis über die Richtigkeit der technischen Eigenschaften einer WEA von Käufern und Investoren verlangt. Aus genehmigungsrechtlicher und marktwirtschaftlicher Sicht ist daher eine Typenzertifizierung/Typenprüfung notwendig.

## 4.1 Prototyp

Ein Prototyp wird in der Technik als "Vorab-Exemplar einer späteren Serienfertigung, das zur Erprobung von Eigenschaften dient" definiert. "Ein Prototyp dient oft als Vorbereitung einer Serienproduktion, kann aber auch als Einzelstück geplant sein, das nur ein bestimmtes Konzept illustrieren soll." /WIK/

Ein Prototyp ist einfach beschrieben eine Neuentwicklung, unabhängig vom Ausmaß der Neubzw. Weiterentwicklung. Daher ist der Begriff Prototyp nicht pauschal anwendbar und muss begrifflich untersetzt werden.

Im Kontext des Zertifizierungsprozesses ist ein Prototyp als Status anzusehen und kann durch den Zertifizierer als solcher deklariert werden. Ein Prototyp ist daher jede vom Zertifizierer anerkannte Neu- oder Weiterentwicklung, die aber nicht zwangsläufig vermessen werden muss. Jedoch wird während des Zertifizierungsprozesses klar definiert, ob und in welchem Umfang eine Vermessung erforderlich ist (siehe Kapitel 8 und 9). Daher wird für diesen Fall - Prototyp im Zertifizierungsprozess mit Vermessung an einem Teststandort - von **Test-WEA** gesprochen.

Im Gegensatz zum Zertifizierungsprozess ist der Begriff Prototyp im Bereich der Forschung und Entwicklung mit und an WEA nicht klar fassbar (siehe Kapitel 8.2). Diese WEA werden folgend als **Forschungs-WEA** bezeichnet.

# 4.2 Typenprüfung

Da es sich bei einer WEA um ein Bauwerk handelt, das mehrfach errichtet werden soll (Serienanlage), wird eine Typenprüfung als Nachweis über die Standsicherheit der WEA verlangt, die bundesweit Gültigkeit besitzt und zur Aufstellung dieses WEA-Typs in Deutschland berechtigt.

"Bestandteil der baustatischen Typenprüfung sind Gutachtliche Stellungnahmen zu den Lasten, den sicherheitstechnischen Einrichtungen, den Rotorblättern und den maschinenbaulichen Komponenten. [...]" /DEW/

In Mecklenburg-Vorpommern werden die Bauunterlagen für Turm und Gründung einer baustatischen Prüfung nach der Richtlinie für Windenergieanlagen (RfWEA) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) (Fassung März 2004) (/DIB/) unterzogen, die in der Liste der Technischen Baubestimmungen (vom 22. Mai 2012) aufgeführt und somit von den Bauaufsichtsbehörden anzuwenden ist.



Wird eine WEA zur Zertifizierung angemeldet, wird parallel dazu die Typenprüfung beantragt, da im Zusammenhang mit der Zertifizierung eine WEA errichtet werden muss, um die benötigten Messungen durchführen zu können. Da bei einer Typenprüfung nur die Bauunterlagen geprüft werden, wird hierfür kein Teststandort benötigt.

Im Gegensatz zur Zertifizierung gibt die RfWEA für den Turm und das Fundament eigene Rechenvorschriften und -annahmen vor. Die Einwirkung der Maschine auf den Turm werden hingegen durch die DIN EN 61400-1 "Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen" vorgeben.

## 4.3 Typenzertifizierung

Um eine neuentwickelte WEA schnell und effektiv am Markt zu platzieren, eine Serienproduktion aufzubauen und eine Finanzierung und Versicherung zu erhalten, ist eine Zertifizierung einer WEA unabdingbar. W2E/

"Die Zertifizierung ist eine Bestätigung der Übereinstimmung eines Produktes oder einer Leistung mit einer bestimmten Norm oder einem Regelwerk. Im Rahmen der Zertifizierungen liegt der Schwerpunkt auf kompletten Windenergieanlagen oder Komponenten wie z.B. Rotorblätter, maschinenbaulichen Komponenten oder Türmen. [...]" /DEW2/

Der Zertifizierungsprozess wird durch ein hierfür akkreditiertes Unternehmen/Institut betreut. Nach DIN EN ISO/IEC 17011 gilt folgende Definition des Begriffs Akkreditierung:

"Akkreditierung ist die Bestätigung durch eine dritte Seite, die formal darlegt, dass eine Konformitätsbewertungsstelle die Kompetenz besitzt, bestimmte Konformitätsbewertungsaufgaben durchzuführen." /DAK/

Das heißt, dass eine akkreditierte Konformitätsbewertungsstelle, hier der Zertifizierer, bestimmten qualitativen Mindestanforderungen in fachlicher sowie administrativer Hinsicht genügt und deren Produkte, Verfahren, Dienstleistungen oder Systeme mit Normen, Richtlinien und Gesetzen konform gehen. Somit sind die Arbeitsergebnisse unter akkreditierten Unternehmen vergleichbar. /DAK/

Akkreditierte Zertifizierer sind u.a. die Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Renewables Certification (GL RC), DEWI OCC (a UL company), TÜV SÜD Industrie Service GmbH, TÜV NORD, Det Norske Veritas (DNV) u.a. Durch die Dynamik am Markt bilden sich stets neue Unternehmen, die eine Zertifizierung von WEA anbieten so dass es eine Reihe von möglichen Zertifizierern gibt und geben wird.

Darüber hinaus gibt es unterschiedliche Normen und Richtlinien, die von Land zu Land verschieden sein können. Eine WEA kann nach unterschiedlichen Normen bzw. Richtlinien zertifiziert werden. Durch die Harmonisierungsbestrebungen nationaler und internationaler Institutionen haben sich zwei wesentliche Richtlinien durchgesetzt. Es gibt die IEC 61400-22 Ed.1: (Wind turbines - Part 22 Conformity testing and certification) und darauf aufbauend und erweiternd die GL Wind Richtlinie (Guideline for the Certification of Wind Turbines) (siehe Kapitel 4.3.2).

Ein WEA-Hersteller kann frei und beliebig entscheiden nach welcher Richtlinie er seine WEA zertifizieren möchte. Der Umfang des Zertifizierungsprozesses ist im Grundsatz durch die Richtlinie bestimmt und wird im Detail durch den Zertifizierer selbst festgelegt. Das hängt damit zusammen, dass die Entwicklung von WEA-Typen nicht auf eine WEA beschränkt bleibt, sondern viele Varian-

WIND-consult GmbH Seite 13 von 82



ten eines Typs mitentwickelt werden, die in der Regel im selben Zertifizierungsprozess mit erfasst werden. Die notwendigen Vermessungen dieser Varianten werden vom Zertifizierer festgelegt.

Mit erfolgreichem Abschluss der Zertifizierung erlangt der WEA-Hersteller ein Typenzertifikat mit einer beschränkten Gültigkeit von z.B. 5 Jahren. Nach Ablauf dieser Zeit beginnt der Zertifizierungsprozess erneut.

Die Bindung eines WEA-Herstellers an einen Zertifizierer ist somit nicht auf einen bestimmten Zeitraum begrenzt, sondern dauert über die gesamte Lebenszeit eines WEA-Typs an. Auch nach Erhalt eines Typenzertifikats müssen Änderungen an der WEA mindestens jährlich gemeldet werden.

Für die Errichtung und den Betrieb von WEA sind nationale Richtlinien gültig, die sich überwiegend an denen der IEC orientieren.

#### 4.3.1 Normen und Richtlinien

Bereits vor 30 Jahren wurde mit der Entwicklung erster Normen und Richtlinien für WEA national wie auch international begonnen und seit dem immer wieder auf den Stand der Technik aktualisiert. Dabei sind auf übernationalen Ebenen eine Vielzahl von Institutionen tätig.

In Deutschland gibt es seit 1917 das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) mit Sitz in Berlin, welches per Vertrag mit der Bundesrepublik Deutschland seit 1975 die zuständige Normungsorganisation für Deutschland und die nationale Normungsorganisation in nichtstaatlichen internationalen Normungsorganisationen, wie IEC und Cenelec, ist. Die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (kurz: DKE), gegründet 1970 mit Sitz in Frankfurt am Main, ist im Normausschuss der DIN und für die Normung der elektrotechnischen Sachgebiete zuständig. Sie wird vom Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (kurz: VDE) getragen. Die DKE ist ein Geschäftsbereich der VDE und innerhalb dieser für die Normung zuständig. Die DKE vertritt den VDE beim DIN und die deutschen Interessen des DIN in den internationalen Gremien Cenelec und IEC.

Im Zuge der Globalisierung der Wirtschaft rückt der Fokus der Normung in den internationalen Raum. Nationale Normen werden durch die Harmonisierungsbemühungen durch internationale Normen ersetzt. Die meisten Normen des Windenergiefachbereichs werden durch die IEC (International Electrotechnical Commission) mit Sitz in Genf (seit 1948, gegründet 1906 in London) und ihrem Technischen Komitee TC88 erarbeitet und durch die Cenelec (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique) übernommen. Wird eine Norm durch Cenelec herausgegeben, wird sie zu einer Europäischen Norm und muss so in identischer Form in eine nationale Norm überführt werden. So wird aus einer IEC-Norm eine DIN-EN-Norm, wobei EN für Europäische Norm steht. Die Norm wird dann ins Deutsche übersetzt und muss eine bestehende DIN Norm zum gleichen Sachverhalt ersetzen.

Technische Richtlinien spiegeln den Stand der Technik wider, haben aber nur einen Empfehlungscharakter und sind keine Rechtsnorm. Durch die Einbringung in ein Gesetz oder in einen Vertrag kann eine Richtlinie aber eine Rechtskraft entfalten. Neben Richtlinien gibt es auch sogenannte Technische Spezifikationen (TS), wie IEC TS 61400-13 ("Beanspruchungsmessungen von WEA"), die keinerlei Bindungswirkung haben. Diese können aber in einen Standard (Richtlinie) umgewandelt werden, wenn darüber Einigkeit in den entsprechen Gremien herrscht.

Für den Bereich der Windenergie gilt die IEC 61400 bzw. DIN EN 61400 Normreihe. In der DIN EN 61400-22 wird zum Beispiel die Zertifizierung von WEA beschrieben.

WIND-consult GmbH Seite 14 von 82



## 4.3.2 Der Zertifizierungsprozess

Wie oben bereits erwähnt, kann eine WEA nach unterschiedlichen Richtlinien zertifiziert werden. Nachfolgend soll daher auf die am weitesten verbreiteten und anerkannten zwei Richtlinien zur Zertifizierung eingegangen werden. Diese unterscheiden sich in erster Linie in ihrem Umfang und der damit verbundenen Genauigkeit der Vorgaben und des Ablaufs. Weiterhin nutzen beide Normen unterschiedliche Termini für zu meist ähnliche Prozesse.

Aus Rücksicht auf das Thema der Studie wird sich auf den Ablauf der Zertifizierung beschränkt. Auf technische Aspekte wird weitestgehend verzichtet.

#### 4.3.2.1 DIN EN 61400-22

Bereits 1995 begann die IEC mit ihrer Arbeit an einem Standard zur WEA Zertifizierung und veröffentlichte 2001 die IEC WT01, die in die IEC 61400-22 überging. /WOE/ Die IEC 61400-22 wurde in Ihrer aktuellen Version 2010 eingeführt und 2011 in eine nationale Norm, der DIN EN 61400-22 übersetzt. Sie umfasst 78 Seiten mit 9 Kapiteln und 4 Anhängen. Sie beinhaltet die Typenzertifizierung sowie die Projektzertifizierung, die in diesem Zusammenhang keine Bedeutung besitzt. Die Norm wurde von einem Interessenkreis, bestehend aus Zertifizierern, Herstellern, Entwicklern, Messinstituten u.a., erarbeitet und stellt somit eine größtmögliche Akzeptanz, aber auch einen Kompromiss an Interessen dar. Sie bezieht sich auf weitere Normen der 61400er Reihe.

Um ein Typenzertifikat zu erhalten müssen folgende fünf Schritte durchlaufen werden:

- Bewertung der Konstruktionsbasis (Design basis evaluation):
   Es wird geprüft, ob der Hauptentwurf ordnungsgemäß dokumentiert und eine sichere Konstruktion einer WEA möglich ist.
- 2. Bewertung der WEA-Konstruktion (Wind turbine design evaluation):
  Es wird detailliert geprüft, ob die Konstruktionsunterlagen des WEA-Typs den Entwurfsannahmen und angewendeten Standards entsprechen (siehe Abb. 1).

WIND-consult GmbH Seite 15 von 82



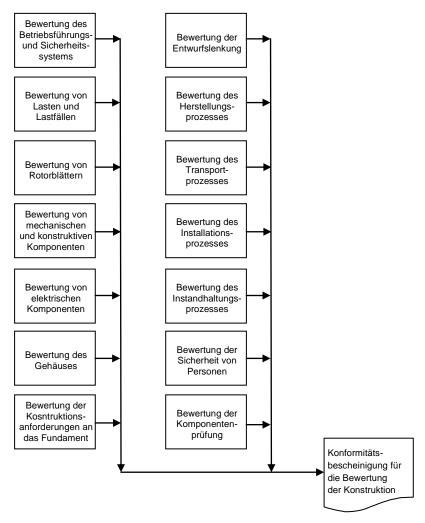


Abb. 1: Elemente der Bewertung der Konstruktion /IEC22 (S.21)/

#### 3. Typprüfung (Type testing):

Um die Entwürfe unter Realbedingungen zu validieren, wird ein detaillierter Testplan mit dem Zertifizierer abgestimmt. Die Ergebnisse der Messungen werden dem Zertifizierer übergeben. Abb. 2 zeigt eine Auswahl der Messungen, die für eine Zertifizierung notwendig sind. In Kapitel 5 werden die Messverfahren genauer beleuchtet. Blatttests werden unabhängig von der WEA an gesonderten Teststandorten durchgeführt (Blattprüfstand).

WIND-consult GmbH Seite 16 von 82



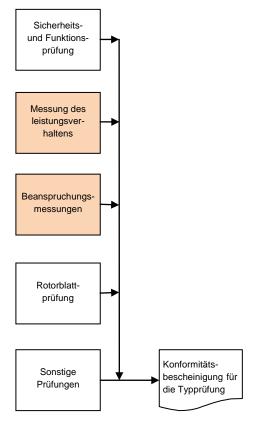


Abb. 2: Elemente der Typprüfung /IEC22 (S. 28)/

- Bewertung der Herstellung (Manufacturing evaluation):
   Es wird die Produktion der WEA bewertet, ob alle Produktionsschritte entsprechend der Dokumentation unter Berücksichtigung der Qualitätsansprüche durchgeführt werden.
- 5. Abschlussbewertung (Final evaluation):
  Alle Ergebnisse aus allen Bewertungen werden zusammengefasst und die zusammengetragenen Ergebnisse und Dokumente abschließend bewertet. Das Ergebnis ist das Typenzertifikat mit einer Gültigkeit von 5 Jahren.

Zusätzlich können folgende Module während der Zertifizierung mit erfasst werden:

- 1. Bewertung der Fundamentkonstruktion (foundation design evaluation)
- 2. Bewertung der Fundamentherstellung (foundation manufacturing evaluation)
- 3. Messung der Typenkennwerte (type characteristic measurements)

WIND-consult GmbH Seite 17 von 82



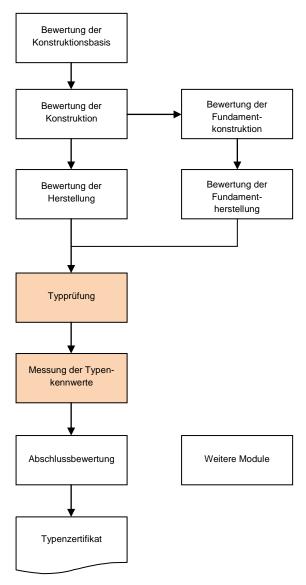


Abb. 3: Module der Typenzertifizierung /IEC22 (S.15)/

#### Prototypzertifikat

Es kann im Zuge des Zertifzierungsprozesses ein Prototypenzertifikat für eine noch nicht in Serie gegangene WEA ausgestellt werden, um die Typprüfung (nicht zu verwechseln mit der Typenprüfung (siehe Kapitel 4.2)) durchzuführen. Es hat eine Gültigkeit von 3 Jahren. Dazu müssen folgende Module absolviert werden:

- 4. Bewertung der grundsätzlichen Konstruktion,
- 5. Bewertung des Prüfplanes für den Prototyp und
- 6. Sicherheits- und Funktionsprüfung.

Neben einem Typenzertifikat für eine vollständige WEA können auch Komponentenzertifikate ausgestellt werden. Dazu müssen, abhängig von der Bedeutung der Komponente, die gleichen bzw. ähnliche Schritte durchlaufen werden. Ein Komponentenzertifikat hat, wie auch das Typenzertifikat, eine Gültigkeit von maximal 5 Jahren.

WIND-consult GmbH Seite 18 von 82



Es besteht die Möglichkeit Zwischenzertifikate mit einer Gültigkeit von 1 Jahr auszustellen. Hierfür dürfen keine sicherheitsrelevanten Punkte und nur Dinge, die sich auf die Fertigstellung von Anleitungen und Qualitätskontrollprozeduren beziehen, offen sein.

Nach Erhalt des Typenzertifikats müssen jährliche Berichte über Anzahl der aufgebauten WEA, abnormales oder Fehlverhalten im Betrieb und kleinere Änderungen an dem WEA-Typ an den Zertifizierer übergeben werden. Größere Änderungen müssen sofort gemeldet werden. Mindestens alle 2,5 Jahre nach Serienproduktionsstart muss der Hersteller durch den Zertifizierer überwacht werden. Bei massiven Abweichungen kann ein Zertifikat zurückgezogen werden.

Im Gegensatz zur GL-Richtlinie beschreibt die IEC bzw. DIN EN 61400-22 nur den Zertifizierungsprozess und seine Gültigkeitsgrenzen.

## 4.3.2.2 GL-Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen

Im Jahre 1986 erarbeitete der Germanische Lloyd das erste umfassende Papier zur Beschreibung der Zertifizierungsprozedur für ihre interne Typen- und Projektzertifizierung, das in seinen Grundsätzen noch heute in der Richtlinie vertreten ist. Die aktuelle Ausgabe der GL-Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen (Guideline for the Certification of Wind Turbines (GLGC)) aus 2010 umfasst 389 Seiten und besteht aus 11 Kapiteln.

Die GL-Richtlinie baut zwar auf die IEC 61400-22 auf, umfasst aber auch alle detaillierten technischen Annahmen, d.h. dass diese Richtlinie für eine vollständige Konstruktion einer WEA bis zum Erhalt eines Typenzertifikats herangezogen werden kann. Folgend soll nur der Zertifizierungsprozess dargestellt werden, der in den Grundzügen denen der IEC-Norm entspricht.

Auch nach GLGC wird ein Typenzertifikat für einen WEA-Typ ausgestellt. Nach GLGC sind folgende, der IEC-Norm ähnlichen Module zur Erlangung des Zertifikats notwendig:

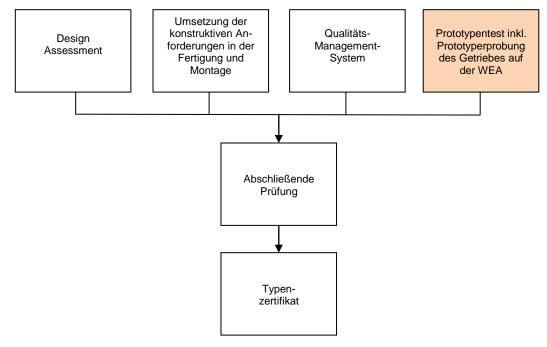


Abb. 4: Bestandteile des Typenzertifikats /GL2010 (Kapitel 1, S.1-4)/

WIND-consult GmbH Seite 19 von 82



Für jedes Modul wird eine "Einhaltungserklärung" (statement of compliance) ausgestellt und auf dem Typenzertifikat aufgelistet.

1. Design Assessment:

Das Design Assessment umfasst die Überprüfung aller Dokumente. Es ist untergliedert in A-, B-, C- und D-Design. Das D- und C-Design entspricht im Grundsatz der "Bewertung der Konstruktionsbasis" der IEC-Norm und das B-und A-Design der "Bewertung der WEA-Konstruktion". Das D-Design (2 Jahre gültig) lässt die Überprüfung des Fundaments außer acht und ist nicht zur WEA-Produktion gedacht. Mit dem C-Design (2 Jahre oder 4000 Volllaststunden gültig) lässt sich ein sogenanntes "Prototypengutachten" erreichen und ein Prototyp aufstellen (für Deutschland siehe Kapitel 4.2). Dazu werden die Unterlagen zu den Rotorblättern, zum Kontroll- und Sicherheitskonzept, zum Sicherheitssystem, zu den Maschinekomponenten, zu den elektrische Installationen, zum Turm und Fundament auf ihre Plausibilität überprüft.

Das A- und B-Design beinhaltet die vollständige Überprüfung der folgenden Unterlagen:

- Kontroll- und Sicherheitskonzept
- Lastfalldefinitionen und Lastannahmen
- Sicherheitssystem
- Rotorblätter und Blatttestberichte
- Gondelverkleidung und Spinner
- Maschinenkomponenten (inkl. Getriebe)
- tragende Komponenten
- elektrische Installationen (inkl. Blitzschutz)
- Turm und optional das Fundament
- Betriebsanleitungen und Verfahren für Transport, Errichtung, Inbetriebnahme, Abnahme, Betrieb und Wartung der WEA
- andere optionale Punkte, wie Personensicherheit, Feuerschutz und Überwachung (sind bei Offshore WEA bindend)

Ein B-Design-Assessment-Zertifikat mit einer Gültigkeit von einem Jahr wird erteilt, wenn keine sicherheitsrelevanten Aspekte offen, aber noch nicht alle oben aufgeführten Punkte erfüllt sind. Sind alle Punkte erfüllt, wird ein A-Design-Assessment-Zertifikat mit unbeschränkter Gültigkeit ausgestellt.

Für die Lastannahmen und -berechnungen können anstelle der GL-Richtlinien auch die IEC Standards verwendet werden (IEC 61400-1 2nd edition oder IEC 61400-1 3rd edition), wobei Bereiche, die durch die IEC Standards nicht abgedeckt werden, durch die GL-Richtlinie zu ergänzen sind.

Umsetzung der konstruktiven Anforderungen in der Fertigung und Montage (Implementation of the design-related requirements in production and erection (IPE)):
 Es wird überprüft, ob die in den Dokumentationen angegebenen Verfahren beim Hersteller
und dessen Komponentenzulieferer eingehalten werden.



- Qualitäts-Management-System (Quality management system):
   Es wird nachgewiesen, dass der Hersteller und Konstrukteur nach ISO 9001:2008 arbeitet.
   I.d.R. wird dies durch eine akkreditierte Zertifizierungsstelle nachgewiesen.
- 4. Prototypentest (Prototyp test) inkl. Prototyperprobung des Getriebes auf der WEA: Analog zur Typprüfung der IEC-Norm wird ein Testplan abgestimmt und insbesondere die Messung der Leistungskurve und der Lasten verlangt. Dies wird durch ein nach ISO 17025 akkreditiertes Messinstitut oder unter Aufsicht des Zertifizierers durchgeführt. Die Ergebnisse werden mit den WEA-Entwürfen und -Berechnungen abgeglichen. Es sind folgende Messungen nachzuweisen:
  - Leistungsverhalten
  - Lasten
  - Emission (optional)
  - Elektrisches Verhalten (FRT und Netzverträglichkeit)
  - Test des Anlagenverhaltens (Basistest)
  - Test des Getriebes auf der WEA
- Abschließende Prüfung (Final Assessment):
   Alle Dokumente werden zusammengetragen und auf ihre Konsistenz geprüft. Nach erfolgreichem Abschluss kann ein Typenzertifikat erteilt werden.

Das A-Typenzertifikat ist 5 Jahre gültig und muss jährlich aktualisiert werden. Dazu gehört die Auflistung aller errichteten WEA, aller Störungen, Modifikationen der WEA und Änderungen in der Produktion. Ein A-Typenzertifikat kann nur erlangt werden, wenn es keine ausstehenden Punkte gibt. Gibt es nur noch nicht-sicherheitsrelevante Punkte, die offen sind, kann ein B-Typenzertifikat mit einer einjährigen Gültigkeit erlangt werden. Innerhalb eines Jahres müssen alle ausstehenden Punkte nachgereicht werden.



# Vermessungsmethoden und -verfahren für Windenergieanlagen

Im Zusammenhang mit der Zertifizierung von Windenergieanlagen (WEA) und durch die entsprechenden Normen gefordert, müssen Messungen an der WEA durchgeführt werden, um die Simulationen, Berechnungen und Annahmen unter Realbedingungen zu validieren. Weiterhin werden diese Messungen zur Erprobung und Weiterentwicklung einer WEA angewendet. Diese Messungen werden von unabhängigen und nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten Messinstituten durchgeführt.

Nachfolgend werden die Messverfahren, der Umfang jeder Messung sowie die Ansprüche an einen Teststandort beschrieben.

## 5.1 Messung des Leistungsverhaltens

## 5.1.1 Beschreibung des Messverfahrens

Normgerechte Messungen zum Leistungsverhalten von WEA liefern Herstellern, Käufern, Betreibern und Planern wichtige Informationen zur Leistungsfähigkeit einer WEA. So bietet z.B. die Leistungskurve wichtige Erkenntnisse über das Leistungsverhalten einer WEA und ist Voraussetzung zur Erstellung zuverlässiger Energieertragsprognosen und zur Berechnung von Referenzerträgen entsprechend dem Erneuerbare-Energien-Gesetz-EEG. Darüber hinaus kann der Hersteller durch die Messung des Leistungsverhaltens den Anlagentyp zielgerichtet optimieren und der Betreiber erhält Informationen darüber, ob die Anlage die vom Hersteller garantierten Leistungs- und Ertragseigenschaften besitzt.

Eine Leistungskurve stellt das Leistungsverhalten einer WEA in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit dar. Zur Bestimmung der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe der WEA wird ein meteorologischer Messmast am Standort errichtet, der in einem Abstand zwischen zwei- bis viermal des Rotordurchmessers aufgebaut wird. Die Erfassung der meteorologischen Größen Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Lufttemperatur, Luftdruck und Niederschlag, sowie der Anlagenparameter Leistung und Status (letztere dient der Erfassung von Abweichungen vom Normalbetrieb der WEA, z.B. Störungen oder alternative Betriebsweisen, wie Schall- oder Leistungsreduktion) erfolgt mit einem Datenerfassungsgerät. Die eingesetzten Sensoren müssen kalibriert und normgerecht angebracht sein. Das Ergebnis der Messung ist eine Datenbasis, aus der die Leistungskurve ermittelt wird. Die zentrale Norm ist die IEC 61400-12-1 /IEC121/. Leistungskurven können aber auch nach weiteren Normen gemessen werden. International gültig und weit verbreitet ist die sogenannte MEASNET Power Performance Measurement Procedure /MEASLK/, die erweiterte Anforderungen an eine Messung gegenüber der IEC-Norm vorgibt. So müssen z.B. zusätzliche Anlagensignale, wie die Rotordrehzahl und der Pitchwinkel mit erfasst werden und die Windscherung dargestellt werden. Für Deutschland sind im Zusammenhang mit dem EEG die Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen Teil 2 bzw. Teil 5 (/FGW2/ /FGW5/) anzuwenden, welche zusätzliche Anforderungen an die Filterung der Daten der Leistungskurve (Turbulenzfilter) sowie der Standortkalibrierung (Grenzwertfilterung) stellen.

Seit 2013 gibt es die Möglichkeit nach der IEC 61400-12-2 eine Leistungskurve ohne einen Messmast, nur anhand eines auf der WEA befindlichen Windgebers, zu ermitteln. Diese Methode ist aber für eine Typenzertifizierung nicht zulässig.

WIND-consult GmbH Seite 22 von 82



#### 5.1.2 Standort

Der Standort muss den Anforderungen der IEC 61400-12-1 genügen. Dazu muss eine freie Anströmung der zu vermessenen WEA gewährleitet sein. Hindernisse, wie Wälder oder örtliche Bebauungen oder benachbarte WEA können die Anströmung stören und führen so zum Ausschluss von Windrichtungssektoren. Je kleiner der zur Verfügung stehende Auswertesektor desto länger die Messdauer. Der Auswertesektor sollte die Hauptwindrichtung abdecken.

Darüber hinaus sind in der IEC 61400-12-1 Grenzwerte für die Neigung und die Abweichung des Geländes zu einer Ebene (siehe Kapitel 6.2.2) festgelegt. Durch eine sogenannte Standortkalibrierung, bei der die Windverhältnisse am Errichtungsort der später zu vermessenen WEA mit denen am Messmaststandort ins Verhältnis gesetzt werden, kann eine normkonforme Leistungskurve auch an Standorten, die außerhalb der Grenzwerte liegen, gemessen werden.

## 5.1.3 Umfang der Messung

Die Dauer der Messung ist in erster Linie vom Windaufkommen abhängig. Durch die IEC 61400-12-1 wird ein Mindestumfang an Daten vorgeschrieben, so dass unter durchschnittlichen Bedingungen eine Vermessung i.d.R. drei bis sechs Monate dauern kann. Die Messzeiten können jedoch stark variieren. Es muss mindestens 180 Stunden lang gemessen worden sein und je 0,5 m/s von 1 m/s unterhalb Einschaltwindgeschwindigkeit der WEA bis zum 1,5 fachen der Windgeschwindigkeit bei 85% der Nennleistung der WEA 30 Minuten Daten vorhanden sein, die aus 10-Minuten-Mittelwerten bestehen.

## 5.2 Belastungsmessung

## 5.2.1 Beschreibung der Messung

Während ihrer Lebensdauer von 20 Jahren ist eine WEA einer Vielzahl von Belastungen ausgesetzt. Diese Belastungen entstehen durch die Kombination der herrschenden klimatischen Bedingungen und der Reaktionen der Anlage hierauf. Hinzu kommt die Bewegungen der Anlage an sich, verursacht durch die Drehung des Rotors oder der Windnachführung bei Windrichtungswechsel.

Durch umfangreiche Berechnungen und die Anwendung von aero-elastischen Simulationsmodellen zur rechnergestützten, dynamischen Nachbildung des Windenergieanlagenprototyps ist nachzuweisen, dass moderne WEA den wechselnden Belastungen im heißen Sommer, stürmischen Herbst oder kalten Winter standhalten. Die Überprüfung der Gültigkeit der in die Berechnung und die Simulation eingehenden Annahmen und Randbedingungen erfolgt u.a. durch die Belastungsmessung, wie in der Technischen Spezifikation IEC TS 61400-13 /IEC13/ beschrieben.

Bei einer Belastungsmessung geht es grundsätzlich um die Bestimmung der mechanischen Belastungen an den "neuralgischen Stellen" der WEA. Hierzu gehören als erstes die Rotorblätter als "Einleitungspunkte" der Belastungen durch die Energie des Windes. Weitere Messstellen sind nahe des Rotorhauptlagers, das die Last des gesamten Rotors trägt. Die Belastungen, die von der gesamten Maschine (Rotor + Maschinenhaus) auf den Turm einwirken, werden im oberen Bereich nahe des Maschinenhauses und im unteren Bereich im Übergang zum Fundament gemessen. Das bedeutet, dass die Messstellen über die gesamte Strecke der einwirkenden Belastung, angefangen mit den Rotorblättern über das Maschinenhaus und dem Turm bis in das im Boden verankerte Fundament verteilt werden. An diesen Messstellen werden die an den Bauteilen auftretenden Biegungen und Torsionen gemessen. Des Weiteren werden eine Vielzahl von Betriebsparametern der



Anlage wie Drehzahlen, Leistung, Winkelpositionen, Temperaturen und Statusinformationen aufgezeichnet.

Die auf die Anlage einwirkenden klimatischen Größen verändern sich in stark unterschiedlichen Zeitskalen. Der Wind z.B. enthält einerseits kurzzeitige Schwankungen, wie Turbulenzen und Böen. Andererseits weist er u.U. Unterschiede zwischen Tag und Nacht, Hoch- und Tiefdruckgebieten, sowie zwischen den Jahreszeiten auf. Hinzu kommen Änderungen der Temperatur und des Luftdrucks.

Die klimatischen Einflussgrößen werden mit Hilfe eines meteorologischen Messmasts in Nabenhöhe der Anlage im Bereich der freien Anströmung vor der Anlage gemessen. Um aussagekräftige und belastbare Messergebnisse zu erfassen, sind normative Anforderungen an die Mastkonstruktion, Sensorikausrüstung und Positionierung zur Vermessungsanlage einzuhalten. Zusätzlich werden besondere Anforderungen an den Vermessungsstandort gestellt.

## 5.2.2 Standort

Die speziell aus der Belastungsmessung erwachsenden Anforderungen an einen Vermessungsstandort können in folgende Kriterien unterteilt werden.

Grundsätzlich sollen die am Vermessungsstandort vorliegenden, den der Auslegung des Prototyps zugrunde gelegten klimatischen Bedingungen gleichen. Hierzu gehören beispielsweise Auslegungen auf Starkwind oder turbulente Binnenlandwinde, sowie extreme Temperaturbedingungen (Wüste oder kalte Regionen) oder Unterschiede zwischen Windbedingungen auf See oder an Land.

Um die an der Anlage ermittelten Reaktionen auf die klimatischen Bedingungen interpretieren zu können, ist eine statistisch repräsentative Anzahl an Messergebissen der herrschenden klimatischen Bedingung notwendig. Daher sollen die der Auslegung ähnlichen Bedingungen in einem möglichst umfangreichen Bereich an Windstärke und Turbulenzintensität in vertretbaren Zeiträumen gemessen werden.

Bei der Messung der Windverhältnisse handelt es sich um eine Messung einer teilweise mathematisch-chaotischen Gesetzmäßigkeiten folgenden fluiden Strömung, deren Verhalten mathematischwissenschaftlich nicht bis ins Detail berechenbar ist. Daher werden an den Standort auch Anforderungen hinsichtlich der topografischen und orografischen Eigenschaften gestellt, sowie eine Betrachtung von möglichen Strömungshindernissen gefordert. Diese Anforderungen, die in der Norm zur Leistungskurvenmessung (IEC 61400-12-1) festgehalten sind, sollte die Aussagekraft der punktuellen Windmessung in Nabenhöhe für die gesamte Rotorkreisfläche in einem gewissen Rahmen sicherstellen.

# 5.2.3 Umfang der Messung

Der Umfang einer Belastungsmesskampagne lässt sich hinsichtlich Anzahl an zu erfassenden Messgrößen (Kanalanzahl), deren zeitliche Auflösung (Abtastrate) und Dauer der Messung beschreiben.

Die Anzahl an zu erfassenden Messgrößen ist abhängig davon, ob es sich um die Vermessung einer völlig neuentwickelten Basisplattform oder um eine Modifikation dieser Basis handelt. Vergleichbar mit der Automobilentwicklung werden auch bei WEA auf Grundlage einer Basisauslegung verschiedene Varianten entwickelt. Varianten können z.B. die Anpassung an verschiedene

WIND-consult GmbH Seite 24 von 82



Rotorblattvarianten von verschiedenen Herstellern, verschiedene Turmhöhen oder Anpassungen an länderspezifische Gegebenheiten, wie Netzfrequenz oder Temperaturbedingungen sein. Generell ist bei der Vermessung einer neuentwickelten Basis die Erfassung von ca. 30 - 100 einzelnen Messgrößen und mehr üblich. Der Umfang der Vermessung von Varianten ist sehr stark von der speziellen Modifikation abhängig und wird im Rahmen des Zertifizierungsprozesses bestimmt.

Da es sich bei den zu erfassenden Reaktionen der WEA auf die äußeren Einflüsse maßgeblich um mechanische Schwingungen handelt, müssen diese zeitlich hochaufgelöst (20 Abtastwerte pro Sekunde und schneller) erfasst werden. In Verbindung mit der o.g. Anzahl an einzelnen Messgrößen ist ein Datenvolumen von mehreren Gigabyte pro Messmonat keine Seltenheit.

Die notwendige Gesamtdauer der Messkampagne ist davon abhängig, wie schnell eine repräsentative Datenbasis erreicht wird. Die Dauer der Kampagne ist letztendlich davon abhängig, wie die am Standort herrschenden Bedingungen zu den für eine belastbare Analyse notwendig zu vermessenen Bedingungen passen.

Grundsätzlich handelt es sich bei Belastungsmessungen um Langzeitvermessungen von mindestens einem halben Jahr bis ggf. mehreren Jahren.

Die Belastungsmessung richtet sich nach der IEC TS 61200-13 /IEC13/, DIBt /DIB/, IEC 61400-1 /IEC1/ und der GL-Richtlinie /GL2010/.

#### 5.3 Basistest

## 5.3.1 Beschreibung der Messung

Aufgrund der hohen Energie, die in einer WEA umgesetzt wird, sind zahlreichen sicherheitstechnische Schutzeinrichtungen und Betriebsmittel notwendig, um einen sicheren und automatisierten Betrieb der Anlage zu gewährleisten. Hierzu gehören beispielsweise Betriebsmittel zur Windnachführung und zum sicheren Abbremsen der Anlage, sowie Schutzeinrichtungen gegen Überdrehzahl, Notaus-Schalter und vieles mehr.

Bei der Entwicklung einer WEA wird ein Betriebs- und Sicherheitskonzept erarbeitet, das alle möglichen Betriebszustände und die hierauf angepassten Steuerungsreaktionen der Anlage beschreibt. Zum Zertifizierungsprozess gehört neben der theoretischen Prüfung des Konzeptes auch der messtechnische Nachweis der Funktion.

Angepasst an das Betriebs- und Sicherheitskonzept wird ein Testplan mit dem Zertifizierer abgestimmt, in dem die zu testenden Betriebsweisen, die erwarteten Reaktionen und die Art des messtechnischen Nachweises detailliert beschrieben wird. Gemäß Testplan werden die Tests am Prototyp von einem akkreditierten Messinstitut und dem Hersteller durchgeführt.

#### 5.3.2 Standort

Der Sicherheits- und Funktionstest stellt aus sich heraus keine gesonderten Anforderungen an den Teststandort.

Da für die messtechnischen Nachweise zahlreiche Steuerungsparameter und Belastungsdaten aufgezeichnet werden müssen, werden die Tests in der Regel im Zusammenhang mit einer Belastungsmessung durchgeführt. Die Standortanforderungen an eine Belastungsmessung sind im Kapitel 5.2.2 dargestellt.

WIND-consult GmbH Seite 25 von 82



# 5.3.3 Umfang der Messung

Der Sicherheits- und Funktionstest unterteilt sich grob in die nachfolgend genannten Untergruppen. Hierzu sind beispielhaft mögliche Tests genannt. Der anlagenspezifische Testinhalt hängt von Betriebs- und Sicherheitskonzept der Anlage ab und wird entsprechend mit dem Zertifizierer abgestimmt.

- Tests des Sicherheitssystems
  - Überdrehzahltest
  - Auslösung der Notausschalter
- Test des Bremssystems
  - Abbremsung mit Fehlfunktion eines Bremssystems
  - Effektivität der mechanischen Bremse
- Test von automatischen Funktionen
  - Produktionsbetrieb
  - Entdrillen der Windnachführung
- Test von Schalthandlungen
  - Start des Produktionsbetriebs
  - Tests aller Bremsprozeduren
  - Generatorstufenumschaltung
  - Abbremsung bei Netzfehler/Lastabwurf
  - Aktivierung der Windnachführung

Da die Reaktionen der WEA auf die Tests windgeschwindigkeitsabhängig sind, werden die Tests in einem niedrigen und in einem hohen Windgeschwindigkeitsbereich durchgeführt. Insgesamt sind alle Tests kurzzeitige Messungen von wenigen Minuten, so dass bei passender Windgeschwindigkeit der Sicherheits- und Funktionstest in ein bis zwei Tagen durchführbar ist.

Der Basistest richtet sich nach der GL-Richtlinie /GL2010/, DIN EN 61400-22 /IEC22/; IEC TS 61400-13:2001 /IEC13/ und der IEC 61400-1:2005 /IEC1/.

# 5.4 Messung der Netzverträglichkeit

# 5.4.1 Beschreibung des Messverfahrens

Für WEA, die ihren Netzanschlusspunkt am Netz der allgemeinen Versorgung haben, muss die Anschlussmöglichkeit der WEA an dieses Netz geprüft werden.

Hierfür existieren nationale und internationale Messvorschriften in Form von Normen und Richtlinien, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Für Deutschland gibt die FGW TR3 /FGW3/ die Messmethode und Kenngrößen vor, die für eine Bewertung der Anschlussmöglichkeit erforderlich sind.

Ziel der Messungen ist es, die benötigten Messdaten und Kenngrößen für die Bewertung der Anschlussmöglichkeit der WEA für die Richtlinien FGW TR4 /FGW4/ und TR8 /FGW8/ bereitzustellen.

Grundlage dieser Messungen bildet die dreiphasige Aufzeichnung der ins Netz eingespeisten Ströme und Spannungen an den Anschlussklemmen der WEA. Die Messungen sind dabei vielfältig. Sie erstecken sich von Netzrückwirkungen (Flicker und Oberschwingung) über Regeleigen-



schaften bis hin zu Zuschaltbedingungen der WEA. Netzrückwirkungen sind Störaussendungen, die der WEA zugeordnet werden. Diese dürfen, für eine positive Anschlussprüfung, gegebene Grenzwerte nicht überschreiten. WEA neueren Typs müssen Kraftwerkseigenschaften vorweisen, dazu zählt z.B. die Regelung der abgegeben Wirkleistung oder das automatische Wiederanfahren nach einem Fehlerfall.

Die Messdaten werden über den gesamten Leistungsbereich der WEA erhoben. Typisch sind Daten zwischen Einschaltwindgeschwindigkeit und 15 m/s.

## 5.4.2 Standort

Die IEC 61400-21 /IEC21/ definiert erforderliche Eigenschaften des vorgelagerten Verbundnetzes, um aussagekräftige und vergleichbare Messergebnisse zu erzielen. Hierzu zählen u. a. Festlegungen zur Gesamtoberschwingungsverzerrung, maximal zulässige Frequenz- und Spannungsänderung des Verbundnetzes und Anforderungen an den maximalen zulässigen Spannungsunsymmetriefaktor. Die genannten Anforderungen werden an nahezu jedem Standort in Deutschland erfüllt.

Das Windprofil des Standortes muss einen genügend großen Windgeschwindigkeitsbereich bieten, um den gesamten Leistungsbereich der WEA abdecken zu können. Es gibt keine orographischen und topographischen Anforderungen an den Standort.

## 5.4.3 Umfang der Messung

Der Umfang der Messung ist in erster Linie vom Windaufkommen abhängig. Durch die FGW TR 3 wird ein Mindestumfang an zu ermittelnden Messdaten und Kenngrößen vorgeschrieben, so dass unter durchschnittlichen Bedingungen eine Vermessung i.d.R. drei Monate dauern kann. Die Messzeiten können jedoch stark variieren. Vor allem im Bereich Prototypenvermessung kann es durch Entwicklungs- und Optimierungsarbeiten zu Verzögerungen oder mehrfach Vermessungen kommen.

# 5.5 Messung Spannungseinbruch (FRT)

# 5.5.1 Beschreibung des Messverfahrens

Zu den durchzuführenden Messungen zählt unter anderem die Vermessung des Verhaltens der WEA bei Störungen im Netz in Form von Spannungseinbrüchen. Ein Spannungseinbruch kann beispielsweise durch einen Kurzschluss im Netz hervorgerufen werden. Ziel der Tests ist es, festzustellen, ob die WEA in der Lage ist, Spannungseinbrüche zu erkennen und diese unbeschadet zu durchfahren. Das Durchfahren eines Fehlers wird in der englischen Sprache als Fault Ride Through (FRT) bezeichnet. Um das FRT-Verhalten von WEA nachzuweisen, ist eine Vermessung an der WEA erforderlich. Dazu wird zwischen der WEA und dem Netz eine Spannungseinbrüchsprüfeinrichtung (SEP) geschaltet, mit der temporäre Spannungseinbrüche im Netz erzeugt werden können. Die Auswirkungen auf das umliegende Verbundnetz werden dabei von der SEP soweit in Grenzen gehalten, dass es zu keinen unzulässigen Zuständen im Netz kommt. Die einzelnen Prüfungen unterscheiden sich hinsichtlich Spannungseinbrüchstiefe, der Dauer des Einbrüchs und der verfügbaren Leistung der WEA. Die verfügbare Leistung umfasst den gesamten Leistungsbereich der WEA, dies entspricht einem Windgeschwindigkeitsbereich von ca. 3 - 15 m/s.

Während der Spannungseinbrüche werden an den Anschlussklemmen der WEA die Spannungen und Ströme gemessen und entsprechend verrechnet. Überprüft wird bei einer FRT-Messung, ob

WIND-consult GmbH Seite 27 von 82



die WEA in der Lage ist die Fehler zu durchfahren ohne sich vom Netz zu trennen und ob eine Netzstützung durch die WEA erfolgt. Netzstützung bedeutet, dass die Anlage während eines solchen Fehlers Strom ins Netz einspeisen kann. In Deutschland ist es beispielsweise erforderlich, dass während des Fehlerfalls Blindleistung ins Netz eingespeist wird, um dem Spannungseinbruch entgegen zu wirken.

## 5.5.2 Standort

Speziell für FRT-Prüfungen gelten gesonderte Anforderungen an das Verhältnis Netzkurzschlussleistung zu Anlagennennleistung und den Netzimpedanzwinkel. Diese Angaben müssen vom Netzbetreiber zur Verfügung gestellt werden. Dieser entscheidet auch über die Durchführbarkeit der Prüfungen an dem WEA-Standort.

Das Windprofil des Standortes muss einen genügend großen Windgeschwindigkeitsbereich bieten, um den gesamten Leistungsbereich der WEA abdecken zu können. Orographische oder topographische Anforderungen an den Standort gibt es nicht.

Die Anforderungen hinsichtlich der Netzparameter und die erforderliche Freigabe durch den Netzbetreiber grenzen die Anzahl von verfügbaren Messstandorten stark ein.

## 5.5.3 Umfang der Messung

Der Umfang der Messungen wird maßgeblich durch den abzuprüfenden Testplan bestimmt. Der Testplan kann vom Kunden, einem Zertifizierer oder dem Messinstitut erstellt werden. Er orientiert sich an den aus Richtlinien und Netzanschlussregeln geforderten Messergebnissen und Kenngrößen. Ein vorhandener Teststandort bietet immer auch die Möglichkeit von Entwicklungsarbeit und Optimierung der WEA.

Darüber hinaus sind vor allem die Windbedingungen ein entscheidende Faktor für die Dauer der Messung.

Die Ergebnisse können in den Grenzen zwischen 0,66 und 2,5 mal der Nennleistung einer bereits zertifizierten WEA übertragbar sein. Ob die Ergebnisse übertragbar sind, wird letztendlich vom Zertifizierer entschieden.

# 5.6 Messung der Schallemission

# 5.6.1 Beschreibung des Messverfahrens

Für das Genehmigungsverfahren von Windenergieprojekten werden zuverlässige Aussagen über die akustischen Kennwerte der geplanten WEA gefordert. Es muss sichergestellt werden, dass der Betrieb der WEA nicht zu unzulässigen Geräuschimmissionen führt. Die Ermittlungen des akustischen Verhaltens von WEA erfolgt auf Grundlage der Norm DIN EN IEC 61400-11 /IEC11/. Nach der IEC 61400-11 werden zwei wichtige akustische Kennwerte für die zu prüfende WEA ermittelt:

- der Schallleistungspegel als vergleichendes Maß für die von der WEA ausgehende Schallemission und
- die Tonhaltigkeit als Maß für die von der WEA ausgehende Wahrnehmbarkeit (Störwirkung) von Einzeltönen.

Die Ermittlung der Schallemission einer WEA erfolgt im Windgeschwindigkeitsintervall von 6 - 10 m/s gemessen in 10 m Höhe. Gemessen wird in Mitwindrichtung mit einem Mikrofon in ca. 150 m Entfernung zur WEA. Die Messentfernung ist abhängig von der Höhe der WEA und vom



Rotordurchmesser. Die Windgeschwindigkeit und -richtung wird mit Hilfe eines mobilen Messmastes in einer Höhe von 10 m gemessen. Die aktuellen Betriebsgrößen der WEA, wie elektrische Leistung, Drehzahl und Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe werden zusätzlich gemessen und gespeichert. Alle zur Auswertung benötigten o. g. Größen werden zeitgleich gemessen. Nach der Messdatenerfassung an der WEA vor Ort erfolgt die Messdatenauswertung im Prüflabor.

#### 5.6.2 Standort

Das Gelände am Standort der WEA sollte eben und vorzugsweise unbewachsen sein. Starke landwirtschaftliche Nutzung zum Messzeitpunkt bzw. zu starker Bewuchs (z.B. Mais oder Raps) kann die Messung stören bzw. unmöglich machen. Ebenso störend auf eine akustische Vermessung wirken sich akustische Störgrößen wie naher Straßenverkehr oder Regen aus. Der Höhenunterschied zwischen WEA Standort und Mikrofon-Position sollte nicht zu groß sein.

## 5.6.3 Umfang der Messung

Die Vermessung vor Ort beansprucht bei optimalen Wetterbedingungen ca. 1 Tag. Es können in dieser Zeit auch mehrere Betriebsweisen (Modi), wie z. B. leistungsreduzierte Modi, vermessen werden. Optional erfolgen die Messungen an mehreren Tagen in Form von Messkampagnen um das akustische Verhalten der WEA möglichst in allen Betriebszuständen darstellen zu können.

Neben den beiden Versionen der IEC 61400-11 Ed.2 und Ed.3 (/IEC112002/ und /IEC112012/) kann die Ermittlung der akustischen Kennwerte (Datenerfassung und Datenauswertung) der WEA ebenfalls nach der FGW TR 1 /FGW1/ erfolgen.

WIND-consult GmbH Seite 29 von 82



# 6 Anforderungen an einen Vermessungsstandort für Windenergieanlagen

Kapitel 5 zeigt, dass eine positive Bewertung eines Standortes zur Vermessung von Windenergieanlagen (WEA) verschiedenen Kriterien genügen muss. Jedoch ist eine Emissionsmessung im Rahmen einer Zertifizierung nicht Pflicht und rechtfertigt durch die geringe Dauer der Messung keinen gesonderten Standortanspruch. Messungen des elektrischen Verhaltens, wie Messung der Netzverträglichkeit und FRT, sind in erster Linien von den Netzeigenschaften und speziell für FRT von der Beurteilung des Netzbetreibers abhängig. Mit teilweise hohem finanziellen Aufwand lassen sich aber die erforderlichen Kriterien an fast jedem Standort erreichen.

Die Erfüllung der Grenzwerte der Anforderungen aus der IEC 61400-12-1 /IEC121/ sind für Leistungskurven- und Belastungsmessung unabdingbar. Da beide Messungen bei der Zertifizierung erforderlich sind und durch die Eigenschaften der Umgebung maßgeblich beeinflusst werden, wird die Bewertung eines Standortes nach IEC 61400-12-1 nachfolgend näher erläutert.

## 6.1 Ziel einer Standortbewertung

Die Anströmverhältnisse an einer WEA werden im Wesentlichen von der Umgebung bestimmt. Neben der Oberflächenkontur, den Wäldern und der Bebauungen haben auch einzelne Bäume und Gebäude einen Einfluss. Wesentlich zur Verwirbelung der Luftströmung trägt eine im Betrieb befindliche Nachbar-WEA bei. Die Standortbewertung ermittelt unter Beachtung aller Einflüsse, ob ein Teststandort zur Vermessung geeignet ist, also ein Auswertesektor existiert. Da nur Wind aus dieser Richtung für die Auswertung der Vermessung genutzt werden darf, sollte dieser in Hauptwindrichtung liegen.

Solange sich die Test-WEA und der Windmessmast nicht direkt im Nachlauf einer Nachbar-WEA befinden, kann grundsätzlich an jedem Standort eine Vermessung erfolgen, entweder mit oder ohne Standortkalibrierung.

Bei einer Standortkalibrierung muss direkt am Standort der zu vermessenen Anlage ebenfalls ein Messmast errichtet werden. Mit dem Verhältnis beider in Nabenhöhe, in Abhängigkeit von der Windrichtung, gemessenen Windgeschwindigkeiten wird die Windgeschwindigkeit während der Leistungskurvenvermessung korrigiert.

Die Kriterien für die Bewertung, ob eine Kalibrierung erforderlich ist, sind in Tabelle 1 dargestellt. Hält der Standort die Grenzwerte ein, ist keine Standortkalibrierung für die Leistungskurvenvermessung erforderlich. Werden die Werte der maximal zulässigen Neigung um maximal die Hälfte überschritten, darf zur Ermittlung, ob eine Standortkalibrierung notwendig ist, ein Anströmungsmodell benutzt werden. Wird dabei ein Unterschied der Windgeschwindigkeit zwischen Windmessund WEA-Position von weniger als 1% bei 10 m/s ermittelt, ist keine Standortortkalibration notwendig, allerdings erhöhen sich die Unsicherheiten der Vermessung.



# 6.2 Kriterien und Grenzwerte einer Standortbewertung

## 6.2.1 Bewertung der Hindernisse und Nachbar-WEA

Nachbar-WEA und Hindernisse können in Abhängigkeit von der Entfernung zur Test-WEA und zum Messmast und deren geometrischen Abmessungen einen deutlichen Einfluss auf die Strömungsverhältnisse haben und somit zur Verringerung des Auswertesektors führen.

Hindernisse und benachbarte WEA werden unterschiedlich betrachtet. Als benachbarte WEA werden alle WEA außer der zu vermessende WEA bezeichnet. Durch ihre Nachlaufströmung beeinflussen sie die Strömung immens. Befinden sich die WEA während der Messung nicht im Betrieb, werden sie als Hindernisse betrachtet und durch ihre geometrischen Abmessungen beschrieben.

Davon unabhängig dürfen sich benachbarte WEA und Hindernisse nur außerhalb von mindestens zweimal dem Rotordurchmesser der WEA bzw. dem äquivalenten Rotorduchmesser bei Hindernissen (siehe unten) von der zu vermessenen WEA und dem Windmessmast befinden.

Ob ein Hindernis überhaupt hinreichend signifikant ist, wird durch ein Hindernismodell bestimmt. Ein Hindernis ist signifikant, wenn in beliebiger Windrichtung im Messsektor die Windgeschwindigkeit der zu vermessenen WEA in Nabenhöhe durch das Hindernis um mindestens 1 % von der des Messmastes abweicht. Dies wird durch folgende Formel, auch Perera-Formel genannt, ermittelt:

$$P_e = \frac{\Delta U_z}{U_h} \left(\frac{h}{H}\right)^n \cdot 100$$

mit

$$\frac{\Delta U_z}{U_h} = -9.75(1 - P_0) \frac{h}{x} \eta \exp(-0.67 \eta^{1.5})$$

mit

$$\eta = \frac{H}{h} \left( K \frac{x}{h} \right)^{\frac{-1}{n+2}}$$

mit

$$K = \frac{2K^2}{\ln \frac{h}{Z_0}}$$

mit

- x die Entfernung eines nachgelagerten Hindernisses zum Messmast oder zur Windturbine [m]
- h die Höhe des Hindernisses [m]
- *n* der Exponent des Geschwindigkeitsprofils (n = 0,14)
- P<sub>0</sub> die Durchlässigkeit des Hindernisses (0: massiv, 1: kein Hindernis)
- H die Nabenhöhe [m]
- $z_0$  die Rauhigkeitslänge [m]
- K die von-Karman-Konstante (K = 0.4)



Die Formel wird zur Betrachtung des Strömungseffekts zwischen Hindernis und Messmast sowie Hindernis und zu vermessener WEA verwendet. Zusätzlich wird die Differenz beider Werte betrachtet. Ist mindestens einer der drei Werte größer 1 % so wird das Hindernis als signifikant eingestuft. /IEC121//MEASLK/

Wird ein Hindernis als signifikant ermittelt, dann muss ein Windrichtungssektor entsprechend Abbildung 5 ausgeschlossen werden. Entscheidend sind dabei die Entfernung zwischen Hindernis und Messmast, Hindernis und zu vermessende WEA und den geometrischen Abmessungen des Hindernisses.

Für Hindernisse wird ein äquivalenter Rotordurchmesser D<sub>e</sub> berechnet. Dies ermöglicht die Anwendung der gleichen Formel für die Berechnung des Ausschlusssektors für Hindernisse und für die WEA.

$$D_e = \frac{2l_h l_w}{l_h + l_w}$$

mit

*l*<sub>h</sub> die Höhe des Hindernisses

lw die Breite des Hindernisses

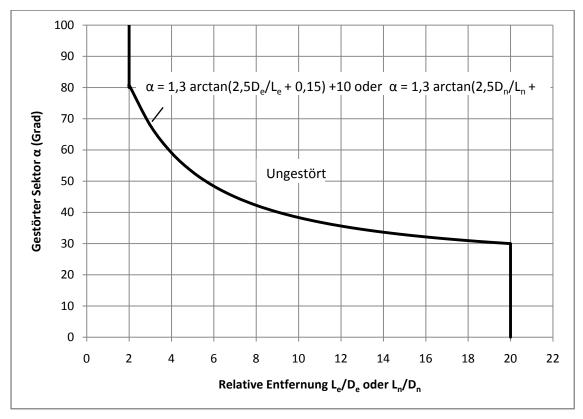


Abb. 5: Auszuschließende Sektoren aufgrund der Nachlaufströmung benachbarter und in Betrieb befindlicher Windturbinen und maßgeblicher Hindernisse /IEC121 (S.37)/



Da auch die zu vermessende WEA einen Einfluss auf den Messmast hat, wird diese ebenso wie alle benachbarten WEA in die Hindernisbetrachtung eingeschlossen und der Ausschlusssektor ebenso berücksichtigt.

Der ermittelte Ausschlusssektor wird mittig (vgl. Abb. 6) um die Verbindungslinie zwischen Messmast und zu vermessender WEA, zwischen Messmast und Hindernis, wie auch zu vermessender WEA und Hindernis angeordnet.

In der folgenden Skizze wird exemplarisch gezeigt, welche Sektoren unter der Bedingung, dass die Vermessungsanlage im Nachlauf einer benachbarten WEA steht, auszuschließen sind.

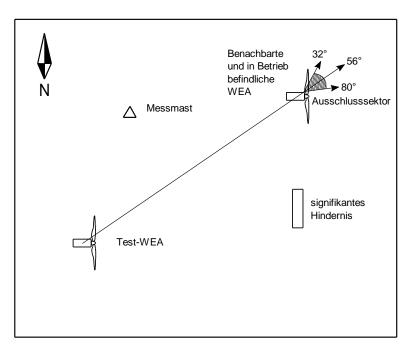


Abb. 6: Beispiel für auszuschließenden Sektor aufgrund der Nachlaufströmung einer benachbarten und in Betrieb befindlichen Windturbine /IEC121 (S. 38)/

# 6.2.2 Bewertung des Geländes

Für die Bewertung des Geländes gelten in Abhängigkeit von der Entfernung zur Anlage und des Auswertesektors folgende Grenzwerte (L ist die Entfernung zwischen Test-WEA und Messmast).

Entfernung	Sektor	Größte Neigung	Größte Abweichung des Geländes von ei- ner Ebene
<2 L	360°	<3	<0,04 (H+D)
≥2 L und <4 L	Messsektor	<5	<0,08 (H+D)
≥2 L und <4 L	außerhalb Messsektor	<10	Nicht anwendbar
≥4 L und <8 L	Messsektor	<10	<0,13 (H+D)

Tab. 1: Anforderungen an den Messstandort: Variation der Topografie /IEC121 (S.39)/

WIND-consult GmbH Seite 33 von 82



Es wird zwischen drei Distanzen und vier Bereichen unterschieden, wie der nachfolgenden Skizze entnommen werden kann. Im Nahbereich der zu vermessenden WEA wird der vollständige 360°-Bereich untersucht. Auch im Bereich zwischen 2L und 4L wird der gesamte Bereich untersucht, aber mit unterschiedlichen Kriterien für innerhalb und außerhalb des Messsektors. Im Bereich zwischen 4L und 8L ist nur der Bereich innerhalb des Messsektors relevant. Die Grenzwerte nehmen mit zunehmender Entfernung zu und sind anhängig vom Durchmesser des Rotors (D) und der Höhe (H) der zu vermessenden WEA.

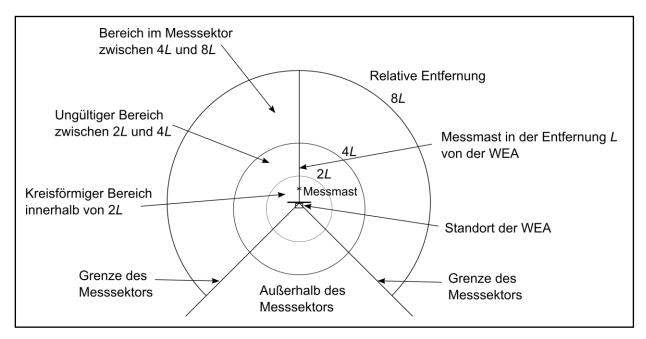


Abb. 7: Darstellung des zu bewertenden Bereichs, Draufsicht /IEC121 (S. 39)/

# 6.3 Ablauf einer Standortbewertung

Für die Durchführung einer Standortbewertung sind folgende Unterlagen erforderlich:

- Topografische Karten mit Höhenlinien (5 m) im Maßstab 1:25000 und 1:10000 im Umkreis von ca. 5 km um den Standort
- Koordinate, Nabenhöhe und Rotordurchmesser der Test-WEA
- Koordinaten, Nabenhöhen und Rotordurchmesser der Nachbar-WEA
- Koordinaten des Windmessmasts
- bevorzugte Flurstücke (Karten) für die Aufstellung des Windmessmasts
- Orographisches H\u00f6henmodell mit einer Rasteraufl\u00f6sung von ca. 10 m

In der Regel stehen für Deutschland detaillierte topographische Karten zur Verfügung, die zur Erstellung des orographischen Höhenmodells herangezogen werden können. Die Höhenlinien werden digitalisiert und in ein Rastermodell mit einer Auflösung von ca. 10 m umgewandelt.

Ein Kartenausschnitt sollte dem Radius von achtmal dem Abstand zwischen der zu vermessenden WEA und dem Windmessmast (8L) entsprechen. Demnach muss bei einer WEA mit einem Rotordurchmesser von 100 m und der maximal zulässigen Entfernung des Messmastes von viermal dem Rotordurchmesser ein Kartenausschnitt ca. 40 km² groß sein.

WIND-consult GmbH Seite 34 von 82



Wie bereits beschrieben müssen bzgl. der Oberflächenkontur zwei Kriterien eingehalten werden; die Neigung und die Abweichung des Geländes von einer Ebene (siehe hierzu Abb. 8). Um diese zu ermitteln muss eine Modellebene durch den Fußpunkt der zu vermessenden WEA gelegt werden, die die beste Näherung an das Gelände darstellt.

Eine Möglichkeit der Näherung ist die Methode der kleinsten Quadrate. Dabei soll die Summe aller quadratischen Differenzen der Rasterpunkte zwischen der Modellebene und dem Gelände minimal sein. Hierfür werden das Gelände und die Modellebene gerastert und jedes Rasterpunktepaar miteinander verrechnet. Es werden jeweils nur die Daten der entsprechenden Bereiche verwendet. Daher müssen insgesamt vier Modellebenen errechnet werden.

Sind die Modellebenen ermittelt, stellt der Gradient der Ebenen die größte Neigung dar. Die maximale Abweichung der Ebene zum Gelände wird durch die Differenz aller Rasterpunkte der Modellebene zu den entsprechenden Rasterpunkten des Geländes ermittelt. Die maximale Differenz ist gleich der maximalen Abweichung.

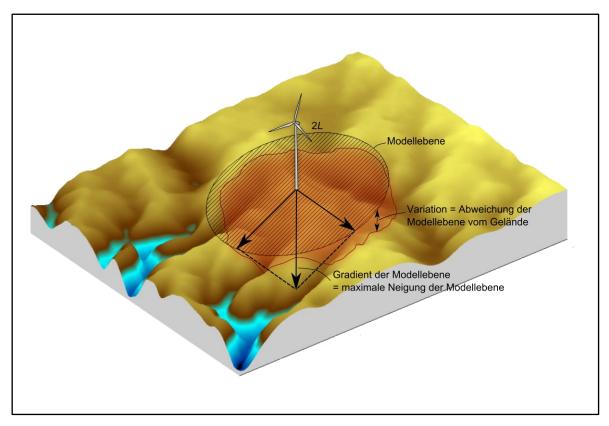


Abb. 8: Darstellung der Modellebene im Gelände

Für eine Validierung der bekannten Informationen bezüglich der Hindernisse und der Oberflächenkontur und der Ermittlung zusätzlicher Informationen ist eine Standortbesichtigung unverzichtbar.

Aufzunehmen sind dabei:

- Daten der WEA (Koordinaten und geometrische Abmessungen)
- geometrischen Abmessungen der Hindernisse, wie Bäume, Wälder und Ortschaften
- orographische Besonderheiten (Gräben, Hügel, Täler etc.)

WIND-consult GmbH Seite 35 von 82



Das Ergebnis der Standortbesichtigung ist ein Abbild der Umgebung und deren Verhältnisse, das auch von Nicht-Ortskundigen verstanden und weiterverarbeitet werden kann.

Der wesentliche Teil der Standortbewertung sind die Aufbereitung und Auswertung der gesammelten Informationen über den Standort.

Das Ergebnis der Untersuchung ist ein Windrichtungssektor, der unter Berücksichtigung oben genannter Kriterien eine freie Anströmung des Messmasts, sowie der zu vermessenden WEA, während der Vermessung gewährleistet. Weitere Ausschlusssektoren sind während einer Vermessung möglich, müssen aber gesondert dokumentiert und dargestellt werden.

Die Dauer der Vermessung einer Leistungskurve ist unter Berücksichtigung der örtlichen Windverhältnisse abhängig von der Größe des Auswertesektors. Dieser sollte daher möglichst groß sein und in Hauptwindrichtung liegen. Die Hauptwindrichtung kann anhand einer Windrose, die aus einer Langzeitmessung, wie sie z.B. von Wetterstationen der Region verfügbar sind, ermittelt werden.

In der Regel werden die Ergebnisse in Berichtsform von einem akkreditierten Messinstitut an den Auftraggeber übergeben.

## 6.4 Schlussfolgerungen für Eignungsgebiete

Im Rahmen dieser Studie wurde eine erste visuelle Prüfung der Eignungsgebiete in der Planungsregion Rostock vorgenommen, die für Test- und Forschungszwecke vorgeschlagen wurden.

Bei der visuellen Prüfung (topografische Karten) der Flächen wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- Fläche lässt die Errichtung von einer oder mehreren WEA zu
- Im Abstand von 2,5 bis 4 Rotordurchmesser lässt sich ein Windmessmast in Hauptwindrichtung vor der/den WEA positionieren
- möglicher Einfluss von Bestands-WEA
- Die WEA- und Messmastumgebung wurde hinsichtlich der in der IEC 61400-12-1 definierten Anforderungen (Form der Geländeoberfläche, Abschattung durch Hindernisse) visuell beurteilt

In der Einschätzung wurden keine WEA berücksichtigt, die eventuell im Rahmen von konventioneller Planungen oder Errichtungen im Umkreis der untersuchten Flächen aktuell bzw. in Zukunft installiert werden.

Die nachfolgende Einschätzung ist eine erste Wertung und Wichtung zur grundsätzlichen Eignung der Flächen und damit eine Indikation zur weiteren Behandlung der Flächen hinsichtlich deren Aufnahme in das Regionale Raumentwicklungsprogramm (RREP) als Eignungsgebiete (EG) für Teststandorte.

Von den 14 vorgesehenen Eignungsgebieten für Teststandorte eignen sich sieben gut, sechs eingeschränkt und einer gar nicht.



Eignungsgebiet	Einschätzung
Alt Karin	Empfehlung als EG für Teststandorte
Boddin	Empfehlung als EG für Teststandorte
Dalkendorf	Empfehlung als EG für Teststandorte
Hohen Luckow	Empfehlung als EG für Teststandorte
Klein Belitz	eingeschränkte Empfehlung als EG für Teststandorte
Knegendorf	eingeschränkte Empfehlung als EG für Teststandorte
Groß Bäbelin	keine Empfehlung als EG für Teststandorte
Linstow	Empfehlung als EG für Teststandorte
Nustrow	eingeschränkte Empfehlung als EG für Teststandorte
Rey	eingeschränkte Empfehlung als EG für Teststandorte
Sabel	eingeschränkte Empfehlung als EG für Teststandorte
Satow	eingeschränkte Empfehlung als EG für Teststandorte
Tarnow	Empfehlung als EG für Teststandorte
Wardow	Empfehlung als EG für Teststandorte

Tab. 2: Einschätzung der Eignungsgebiete

Als besonders geeignet zeigen sich Flächen mit einer weiten Nordwest-Südost-Ausdehnung, um möglichst viele WEA in Hauptwindrichtung stellen zu können und sich somit Abschattung möglichst auszuschließen. Exemplarisch eignet sich das Eignungsgebiet *Tarnow* (siehe Abb. 9) im Vergleich zu den weiteren Eignungsgebiete besonders gut für Teststandorte, da eine Errichtung von 3 - 5 WEA in einer Ausbaustufe ohne gestörte Anströmbedingungen in flachem Gelände möglich ist.

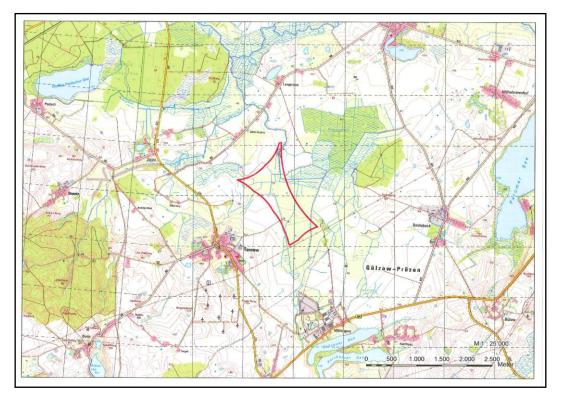


Abb. 9: Eignungsgebiet Tarnow

WIND-consult GmbH Seite 37 von 82



Das Eignungsgebiet *Groß Bäbelin* (siehe Abb. 10) eignet sich hingegen nicht für Teststandorte, da die Anströmbedingungen durch Wälder in Hauptwindrichtung deutlich gestört sind und die Umgebung möglicherweise nicht normkonform (IEC 61400-12-1) ist, was durch detaillierte Untersuchungen bestätigt werden sollte. Weiterhin lässt sich voraussichtlich nur eine WEA in diesem Eignungsgebiet stellen.

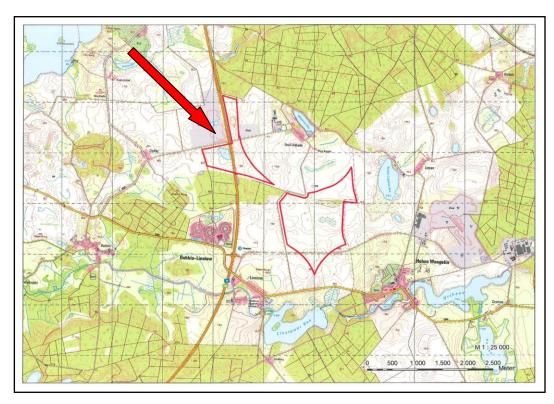


Abb. 10: Eignungsgebiet Groß Bäbelin

Abschließend muss darauf hingewiesen werden, dass neben der visuellen Prüfung eine Standortbewertung gemäß IEC 61400-12-1:2005 zwingend erforderlich ist, um eine belastbare Aussage über die Eignung dieser Flächen zur Vermessung von Test-WEA treffen zu können.

WIND-consult GmbH Seite 38 von 82



## 7 Analyse zum Bedarf an Erprobungsstandorten für Windenergieanlagen

Im aktuellen Entwurf des Regionalen Raumentwicklungsprogramms der Region Rostock werden weitere Eignungsflächen für Windenergieanlagen (WEA) ausgewiesen. Um einem bestehenden Bedarf gerecht zu werden, sollen auch anteilig Flächen nur zu Test- und Forschungszwecken für Hersteller und Entwickler von WEA zur Verfügung gestellt werden.

#### 7.1 Hintergrund und Ansatz

Um den notwendigen Anteil von Eignungsflächen für Test- und Forschungszwecke zu ermitteln, wurde der Bedarf direkt bei den Herstellern und Entwicklern erfragt. Als das probate Mittel wurde hier die Umfrage genutzt, da allen Beteiligten dieselben Fragestellungen mit teils standardisierten Antwortmöglichkeiten vorgegeben werden konnten. Im Gegensatz zu einzelnen Interviews, können Ergebnisse so objektiv ausgewertet werden.

Als Teilnehmer der Umfrage kamen alle Unternehmen, die sich mit der Entwicklung von WEA befassen, in Frage, sofern sie am Zertifizierungs- und Erprobungsprozess von WEA beteiligt sind und ihren Sitz bzw. eine Niederlassung in Deutschland haben. Es wurden 24 Unternehmen an der Umfrage beteiligt.

Nachfolgend eine alphabetische Liste der angefragten Unternehmen:

- Aerodyn Enrgiesysteme GmbH
- Avantis Europe GmbH
- CATUM Engineering GmbH
- DeWind Europe GmbH
- ENERCON GmbH
- eno energy GmbH
- Gamesa Energie Deutschland GmbH
- GE Wind Energy GmbH
- Hyosung Wind Energy Research Center
- Jacobs PowerTec GmbH
- KENERSYS GmbH
- morewind engineering solutions

- Nordex SE
- PROKON Unternehmensgruppe
- REpower Systems SE
- Rotorwerk Ingenieurdienstleistungen GmbH
- S&G Engineering GmbH
- Siemens Wind Power GmbH
- Suzlon Energy GmbH
- TEMBRA GmbH. & Co. KG
- Vensys Energy AG
- Vestas Deutschland
- W2E Wind to Energy GmbH
- Windrad Engineering GmbH

Die Themen und Fragestellungen wurden unter Berücksichtigung von Einzelinterviews mit Fachexperten der Branche erarbeitet und mit dem Auftraggeber abgestimmt.



## 7.2 Aufbau der Umfrage

Die Umfrage ist in fünf Abschnitte unterteilt und wird durch Informationen und Hinweise zur Bearbeitung eingeleitet. Ein Blanko der Umfrage ist im Anhang A hinterlegt.

Im ersten Abschnitt werden allgemeine Angaben zum Unternehmen erfragt. Der zweite Abschnitt bezieht sich auf die WEA als Prototyp und den damit einhergehenden Standortbedarf. Es werden jeweils die vergangenen und kommenden 10 Jahre erfragt. Angaben über die kommenden 10 Jahre verstehen sich als voraussichtliche Angaben. Weiterhin werden in Abschnitt drei und vier die Anforderungen an den Teststandort und dessen Nutzungskonzepte behandelt. Abgeschlossen wird die Umfrage mit Fragen zur Forschung und Entwicklung an WEA. Zu jedem Abschnitt wird ein Feld zur freien Kommentierung bereitgestellt

#### 7.3 Auswertung

#### 7.3.1 Voraussetzungen und Annahmen

Aufgrund der hohen Beteiligung von 70 % und einem Querschnitt durch alle Unternehmensgrößen kann das Umfrageergebnis als repräsentativ angesehen werden.

In der Auswertung finden nicht alle Fragen Berücksichtigung, da sich einerseits einige Fragestellung als nicht zielführend erwiesen haben und andererseits Fragen der Kontrolle von Angaben dienen.

Im Mittelpunkt der Auswertung steht der Bedarf an Standorten für Test-WEA und welche Kriterien einen Standort aus Sicht der Umfrageteilnehmer attraktiv machen. Der Bedarf an Standorten für Forschungs-WEA wird gesondert betrachtet.

Mit Ausnahme offenkundiger Fehleintragungen wurden alle Angaben als wahr angenommen und sind in die Auswertung eingeflossen. Offensichtlich falsche oder unklare Angaben wurden nach Rücksprache mit dem jeweiligen Umfrageteilnehmer korrigiert und angepasst.

Der Bedarf an Teststandorten für die Planungsregion Rostock (PR-RR) und für Mecklenburg-Vorpommern wird auf Basis der Verteilung der Teststandorte nach Regionen aus den letzten 10 Jahren und dem Teststandortbedarf insgesamt in den kommenden 10 Jahren ermittelt.

Es wird angenommen, dass sich in Abhängigkeit von der Standortattraktivität ein weiterer Bedarf für die Region einstellen kann, der sich aber in diesem Zusammenhang nur ansatzweise quantifizieren lässt und daher nur qualitativ angenommen wird. Daher werden Kriterien aus den Angaben zur qualitativen Bewertung eines Teststandortes abgeleitet, die zu einer Zunahme der Standortattraktivität führen.

## 7.3.2 Allgemeines

An der Umfrage haben 17 Unternehmen aus den Bereichen "Entwicklung und Konstruktion" und "Herstellung" mit unterschiedlicher Unternehmensgröße aus ganz Deutschland teilgenommen. Alle in Mecklenburg-Vorpommern angefragten Unternehmen haben an der Umfrage teilgenommen.

In der Regel sehen sich Hersteller von WEA auch als Entwickler. In der folgenden Grafik wird zwischen Herstellern und Entwicklern, die keine Hersteller sind, unterschieden. Danach haben sich 12 Hersteller und 5 Entwickler an der Umfrage beteiligt.



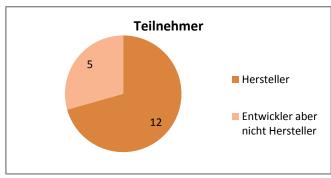


Abb. 11: Anteil der Hersteller und Entwickler

Die Unternehmen lassen sich weiterhin nach ihrer Unternehmensgröße anhand ihrer Mitarbeiterzahl eingliedern. Es wurde sich hierbei an der KMU-Definition (Kleine und Mittelständische Unternehmen) orientiert.

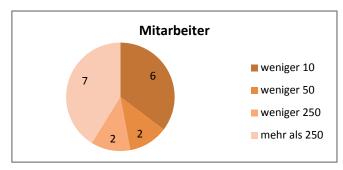


Abb. 12: Anteile der Teilnehmer nach Mitarbeiteranzahl

Weitere Einteilungsmerkmale, die eine Beurteilung der Größe des Unternehmens zulassen, sind: Mitarbeiter in Mecklenburg-Vorpommern, verkaufte Windenergieanlagen, entwickelte Prototypen.

Mitarbeiter in Mecklenburg-Vorpommern							
keine weniger 10 weniger 50 weniger 250 mehr als 250							
3	7	4	1	2			
18%	41%	24%	6%	12%			

Tab. 3: Mitarbeiter in Mecklenburg-Vorpommern

	Verkaufte WEA							
keine	zwischen 100 und 300	zwischen 3000 und 6000	mehr als 10000	k.A.				
5	3	3	3	3				
29%	18%	18%	18%	18%				

Tab. 4: Verkaufte WEA

Entwickelte Serientypen							
0 bis 5 bis 10 bis 50							
3	5	5	4				
18%	29%	29%	24%				

Tab. 5: Entwickelte Serientypen

WIND-consult GmbH Seite 41 von 82



Aus der folgenden Tabelle kann entnommen werden, dass die Realisierbarkeit einer Leistungskurven- und Belastungsmessung für die Auswahl eines Teststandortes als am wichtigsten erachtet wird, gefolgt von der Schallemissionsmessung und dem Spannungseinbruchstest.

Wie wichtig ist Ihnen die Realisierbarkeit nachfolgender Messungen für die Auswahl eines Teststandortes?								
	17							
			v	Vichtung				
Messung	sehr wichtig	bis	wichtig	bis	weniger wichtig			
Leistungskurve	15	2	0	0	0			
Beanspruchung / Lasten	13	3	1	0	0			
Basistest	7	3	5	0	2			
Netzverträglichkeit	7	4	4	2	0			
Spannungseinbruchstest (FRT-Test)	9	3	2	2	1			
Schallemissionsmessung	12	2	2	0	1			
Sonstige	Test nichtzertifizi	erter E	Betriebswei	isen/Regler				

Tab. 6: Bedeutung der einzelnen Messungen

Weiterhin ergab die Umfrage, dass 45 % der angegebenen Test-WEA außerhalb von Eignungsgebieten errichtet worden sind. Von diesen sind 55 % außerhalb Deutschlands, 24 % in der Planungsregion Rostock und zusätzlich 8 % in den übrigen Regionen Mecklenburg-Vorpommerns errichtet worden.

Nur 37 % der in Deutschland insgesamt errichteten Test-WEA befinden sich außerhalb von Eignungsgebieten. Hingegen sind in der Planungsregion Rostock 82 % und in den übrigen Regionen Mecklenburg-Vorpommerns 50 % außerhalb von Eignungsgebieten vermessen worden.

Die meisten Hersteller und Entwickler (42 %) lassen ihre Test-WEA an Standorten von Projektentwicklern vermessen. Dagegen akquirieren und planen 27 % der Hersteller und Entwickler eigene Standorte.

Der Großteil der Test-WEA mit 45 % wurden durch eine fremde Betreibergesellschaft errichtet und durch diese betrieben. 19 % wurden bis zum Ende der Nutzungszeit vom Hersteller bzw. Entwickler selbst betrieben und 24 % wurden nach Abschluss der Vermessung und Erprobung an eine fremde Betreibergesellschaft verkauft. Nur 12 % der angegebenen WEA wurden temporär auf einem Testfeld errichtet.

#### 7.3.3 Gesamter Bedarf an Teststandorten

Unabhängig von der Aufstellungsregion des Prototyps wird der Gesamtbedarf an Teststandorten dargestellt. In der folgenden Tabelle sind (von links nach rechts) die Anzahl der entwickelten Prototypen, die Dauer der Entwicklung, die Anzahl der Teststandorte für einen Prototypen, die gesamte Anzahl an benötigten Teststandorten und die Dauer der Vermessung der WEA bezüglich der vergangen 10 Jahre und der kommenden 10 Jahre dargestellt. Dabei lassen sich nur die Anzahl der entwickelten Prototypen und die Anzahl der insgesamt benötigten Teststandorte als eine Summe ausgeben. Alle anderen Angaben sind als Mittelwert veranschaulicht. Anhand des Minimums ("Min"), Maximums ("Max") und der Standardabweichung ("Std") zeigen sich teils breite Streuungen unter den Angaben der Teilnehmer.

WIND-consult GmbH Seite 42 von 82



	Prototyp	enanzahl		ngsdauer in aten		dorte pro otyp		andorte esamt		auer in laten
Jahre	-10	+10	-10	+10	-10	+10	-10	+10	Ave	Max
Teilnehmer	15	16	13	14	14	16	14	16	15	15
Gesamt	93	124	-	-	-	-	113	192	-	-
Mittelwert insg.	6	8	40	32	2	3	8	12	12	22
Max	20	20	60	60	3	10	30	40	42	60
Min	0	1	24	15	1	1	1	1	4	6
Std	6.13	5.44	15.35	11.38	0.80	2.14	8.15	10.31	9.57	14.41
nach Unternehmens	nach Unternehmensgröße									
<10										
Teilnehmer	6	6	5	6	5	6	5	6	5	5
Summe	11	34	-	-	-	-	13	61	-	-
Mittelwert	2	6	42	31	1	4	3	10	9	25
Max	5	10	60	48	2	5	7	30	12	48
Min	1	1	24	15	1	1	1	1	4	12
Std	1.67	2.81	21.47	10.74	0.69	1.50	2.34	9.41	4.68	14.59
<50	<50									
Teilnehmer	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Summe	6	13	-	-	-	-	10	20	-	-
Mittelwert	3	7	48	48	3	7	5	10	15	18
Max		10				10	7	10	24	24
Min						4		10		12
Std			12.00	12.00			2.00			
<250										
Teilnehmer	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Summe	6	8	-	-	-	-	6	7	-	-
Mittelwert	3	4	27	27	2	2	3	4	9	11
Max		4			2	2			10	12
Min		4	24	24	1	1	1	1		10
Std							2.00	2.50	1.00	1.00
>250										
Teilnehmer	5	6	4	4	5	6	5	6	6	6
Summe	70	69	-	-	-	-	84	104	-	-
Mittelwert	14	12	39	29	2	2	17	17	14	24
Max	20	20	60	36	3	3	30	40	42	60
Min	10	2	24	20	1	2	10	4	5	6
Std	7.25	7.30	22.61	15.33	1.18	0.93	9.91	12.37	13.18	18.66

Tab. 7: Statistik zu Prototypenanzahl, -entwicklungsdauer, -Teststandorte und Messdauer für vergangene 10 Jahre und kommenden 10 Jahre, inkl. Eingliederung in Unternehmensgröße

Die Umfrage hat einen Gesamtbedarf von 192 Teststandorten für die kommenden 10 Jahre ergeben.

WIND-consult GmbH Seite 43 von 82



Zusätzlich wird eine Einteilung in die Unternehmensgröße vorgenommen, um Tendenzen in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße ableiten zu können. Statistikwerte, für die keine ausreichende Datenbasis vorhanden war, sind farblich gekennzeichnet.

Es wurden in den vergangenen 10 Jahren insgesamt 93 Prototypen entwickelt mit einem Durchschnitt von 6 WEA je Unternehmen, wobei ca. 75% davon von Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern gestellt wurden. Dafür wurden 113 Teststandorte insgesamt genutzt, wovon Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern ebenfalls ca. 75 % in Anspruch genommen haben. Unternehmen mit weniger als 10 Mitarbeiter (i.d.R. Entwicklungsbüros) nehmen mit ca. 12% der entwickelten Prototypen und genutzten Teststandorte den zweiten Platz ein.

In den kommenden 10 Jahren wird eine Steigerung der Prototypenentwicklung um ein Drittel und eine Zunahme an Teststandorten insgesamt sogar um mehr als zwei Drittel erwartet. Die größte Steigerung ist den Unternehmen unter 10 Mitarbeiter mit über 200% bei der Entwicklung von Prototypen und fast 400% beim Bedarf an Teststandorten zuzuschreiben. Bei einem Bedarf von 61 Standorten (siehe Tab. 7) und 6 in Frage kommende Unternehmen bedeutet dies einen Bedarf von einer WEA pro Jahr.

Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern entwickeln bereits zahlenmäßig auf hohem Niveau. Daher ist dort keine Steigerung der Prototypenentwicklung zu erwarten, dennoch ein hoher Bedarf an Teststandorten vorhanden.

Da teilweise mehrere Anlagen eines Prototyps vermessen werden, kommt es zu einer Differenz zwischen den entwickelten Prototypen und den genutzten Standorten, was sich in der Angabe "Teststandorte pro Prototyp" widerspiegelt.

Zwar wird die Entwicklungsdauer in den kommenden 10 Jahren im Schnitt um acht Monate reduziert, aber die Messdauer am Standort hingegen um ca. 10 Monate ausgedehnt, da laut Aussage eines Teilnehmers der "Zertifizierungsbedarf und somit der Vermessungsbedarf steigen wird". Obwohl sich die Angaben zur Entwicklungsdauer je nach Unternehmensgröße unterscheiden, wird keine Ausdehnung der Entwicklungszeit erwartet, eine erhöhte Messdauer dagegen schon.

#### 7.3.4 Regionaler Bedarf an Teststandorten

Aus den Angaben in Kapitel 7.3.3 lässt sich der Bedarf an Teststandorten für die PR-RR oder Mecklenburg-Vorpommern nicht direkt ableiten. Dieser soll vielmehr aus der Verteilung der Teststandorte der vergangenen 10 Jahre und der Prognose des generellen Teststandortbedarfs ermittelt werden.

In der nachfolgenden Tab. 8 und Abb. 13 werden die in den letzten 10 Jahren errichteten Prototypen nach Regionen dargestellt. Dabei sind Anlagen, die in der PR-RR errichtet wurden, nicht Teil der Anlagen, die in Mecklenburg-Vorpommern oder Deutschland errichtet wurden, d.h. dass die Angaben der kleineren Region der größeren zugerechnet werden müssen.

WIND-consult GmbH Seite 44 von 82



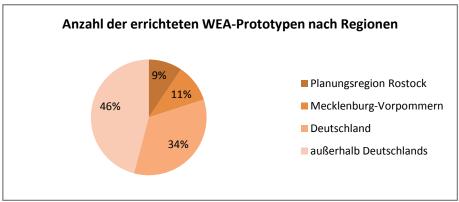


Abb. 13: Anzahl der errichteten WEA-Prototypen nach Regionen (prozentual)

Anzahl der errichteten WEA-Prototypen nach Regionen						
Teilnehmer 13						
Region/Land	Anzahl					
Planungsregion Rostock	8					
Mecklenburg-Vorpommern (übrige Regionen)	9					
Deutschland (übrige Bundesländer)	29					
außerhalb Deutschlands	39					

Tab. 8: Anzahl der errichteten WEA-Prototypen nach Region (absolut)

Nur **zwei** Teilnehmer der Umfrage haben Prototypen auf Flächen in Mecklenburg-Vorpommern (ohne PR-RR) und nur **drei** auf Flächen der PR-RR errichtet. Um einen kalkulatorischen Bedarf <sup>1</sup> zu ermitteln, werden auch nur diese Teilnehmer in der Bedarfsprognose berücksichtigt, da davon auszugehen ist, dass diese auch weiterhin den Standort Mecklenburg-Vorpommern nutzen werden.

Der Bedarf wird aus der Summe der Teilnehmer, die Prototypen in der Region Mecklenburg-Vorpommern (ohne PR-RR) und PR-RR errichtet haben, anteilig an den insgesamt errichteten Prototypen und dem gesamten Bedarf an Standorten in den kommenden 10 Jahren wie folgt berechnet:

$$B_{Region} = \sum_{i=0}^{n} \frac{P_{Region,i}}{P_{gesamt,i}} * B_{gesamt,i}$$
 (1)

mit

i = Teilnehmer i

 $n = Teilnehmer\ gesamt$ 

 $B_{Region} = kalkulatorischer Bedarf für die Region$ 

 $P_{Region,i} = in der Region vom Teilnehmer i errichtete Prototypen in den verganenen 10 Jahren$ 

 $P_{gesamt,i} = gesamterrichtete Prototypen des Teilnehmers$ 

 $B_{aesamt\ .i} = Gesamtbedarf\ des\ Teilnehmers\ an\ Teststandorten$ 

WIND-consult GmbH Seite 45 von 82

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Als "kalkulatorischer Bedarf" wird der Bedarf, der aus realen Angaben (Zahlenwerten) ohne Korrekturfaktoren oder Prognosen ermittelt wird, verstanden.



Es ergibt sich folgender Gesamtbedarf für die PR-RR und Mecklenburg-Vorpommern:

Kalkulatorischer Bedarf <sup>1</sup>	
Region/Land	Anzahl der Teststandorte
Teilnehmer	3
Planungsregion Rostock	20
Teilnehmer	2
Mecklenburg-Vorpommern (ohne PR-RR)	8
Teilnehmer	4
Mecklenburg-Vorpommern	28

Tab. 9: Kalkulatorischer Bedarf für Mecklenburg-Vorpommern und die Planungsregion Rostock für die kommenden 10 Jahre

Der kalkulatorische Bedarf von 28 Teststandorten berücksichtigt nur die vier Unternehmen, die bereits in der Vergangenheit Teststandorte in Mecklenburg-Vorpommern genutzt haben.

Dem gegenüber steht ein weiterer Bedarf von 89 Teststandorten von den 10 im Land ansässigen Unternehmen, die sich an der Umfrage beteiligt haben. Dieser ergibt sich aus deren Gesamtbedarf von 117 Teststandorten abzüglich des kalkulatorischen Bedarfs (28 Teststandorte).

Unter der Annahme, dass nur 17 % <sup>2</sup> der 89 Teststandorte im Land real nachgefragt werden, sind **15 zusätzliche Teststandorte** erforderlich.

Aus dem kalkulatorischen Bedarf (28 Teststandorte) und dem zusätzlichen Bedarf (15 Teststandorte) ergibt sich ein prognostizierter Bedarf von insgesamt 43 Teststandorten für Mecklenburg-Vorpommern in den kommenden 10 Jahren.

Der Bedarf der nicht in Mecklenburg-Vorpommern ansässigen Unternehmen von 75 Teststandorten ist dabei nicht berücksichtigt. Durch besondere Attraktivität der Teststandorte kann hieraus eine weitere Nachfrage entstehen.

#### 7.3.5 Standortattraktivität

In der Umfrage wurden die Unternehmen dahingehend befragt, welche Anforderungen sie an einen Teststandort über die rein technischen Anforderungen der Norm hinaus stellen. Nachfolgend werden die Antworten, aus denen eine Kriterienliste (siehe Kapitel 7.4) abgeleitet wird, dargestellt und erläutert.

Als am wichtigsten werden die Windgeschwindigkeitsbedingungen am Standort erachtet, gefolgt von einer hohen Flexibilität des Standortes hinsichtlich der Gesamtbauhöhe. Die straßen- und stromnetzseitige Erschließung und die Nähe zum Unternehmen - besonders von Unternehmen aus der Region - wurden als wesentliche Bedingungen genannt.

WIND-consult GmbH Seite 46 von 82

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Als "kalkulatorischer Bedarf" wird der Bedarf, der aus realen Angaben (Zahlenwerten) ohne Korrekturfaktoren oder Prognosen ermittelt wird, verstanden.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Flächenanteil von Mecklenburg-Vorpommern an der Gesamtfläche der angrenzenden Bundesländer plus Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt



				Teilnehmer*	17
			Wichtun	g	
Messung	sehr wichtig	bis	wichtig	bis	weniger wichtig
Windgeschwindigkeitsbedingungen	12	4	1	0	0
Flexibilität des Standortes bzgl. Gesamtbau- höhe, Rotordurchmesser, u.ä.	7	6	3	1	0
Nähe zum Unternehmen	5	2	7	2	1
straßenseitige Erschließung	3	2	8	4	0
stromnetzseitige Erschließung	4	5	3	2	0
Sonstige Befreiung Einspeisemanagement; keine vorgeschriebene Scharung/Einschränkungen durch Schattenabschaltung					llreduzie-
	G.	J	e Erschließung" w	· ·	Teilnehmern be-

Tab. 10: Kriterien an den Teststandort

Nicht nur die Windgeschwindigkeitsbedingungen sind entscheidend für eine erfolgreiche Vermessung, sondern auch der nutzbare Auswertesektor in Hauptwindrichtung. Es sollten mindestens 45° Auswertesektor vorhanden sein (siehe Tab. 11). Sollen sowohl Winde aus der Hauptwindrichtung als auch Starkwinde erfasst werden, ist in Mecklenburg Vorpommern ein Sektor größer 90° (Süd bis Nordwest) notwendig.

	Teilnehmer	14
Größe des Auswertese	ktors	
Mittelwert		100
Maximum		180
Minimum		45

Tab. 11: Größe des Auswertesektors

Einigkeit herrscht bei der Frage, ob eine Rückbaupflicht nach 5 Jahren für die Unternehmen tragbar sei. Bis auf einen Teilnehmer sah sich kein Unternehmen in der Lage dies einhalten zu können. Im Mittel wird eine Rückbauverpflichtung von mindestens 12 Jahren als sinnvoll erachtet.

	Teilnehmer	13
Rückbauverplichtung in	Jahren	(größer 5 Jahre)
Mittelwert		12
Maximum		15
Minimum		8
Standardabweichung		2.44

Tab. 12: Rückbauverpflichtung

Ob ein Standort fremd- oder eigenverwaltet wird, spielt hingegen einer untergeordnete Rolle und wird daher eher neutral bewertet.

	Teilnehr	15	
Nutzungskonzepte	positiv neutral		negativ
Fremdverwaltung	4	9	2
Eigenverwaltung	6	9	0

Tab. 13: Verwaltungsart

WIND-consult GmbH Seite 47 von 82



Bei beiden Nutzungskonzepten steht wiederum die Flexibilität des Standortes im Mittelpunkt und wird als sehr wichtig bewertet. Jedoch wird ein verkürztes Genehmigungsverfahren zum Umbau des Prototypen bei eigenverwalteten Teststandorten besonders herausgestellt. Fremd-WEA am Standort stellen in den überwiegenden Fällen kein Problem dar. Dabei ist zu beachten, dass Fremd-WEA auf einem fremdverwalteten Teststandort als WEA des Mitbewerbers zu verstehen sind und nicht als Strömungshindernisse. Fremd-WEA werden daher nur akzeptiert, wenn sie nicht zur Beeinträchtigungen der Messung führen.

Wichtung der Kriterien für fremdverwaltete Teststandorte/-felder				Teilneh- mer	16
Kriterien	sehr wichtig	bis	wichtig	bis	weniger wichtig
Nutzung vorhandener messtechnischer Infrastruktur (Messmaste, -technik, Personal u.ä.)	4	3	4	4	1
keine Fremd-WEAs am Standort	2	2	3	7	2
kostendeckende, wirtschaftliche Rückbaubedingungen	6	5	4	0	0
geringe Standortmiete	6	3	6	1	0
Beteiligung an der Einspeisevergütung	7	5	4	0	0
Flexibilität des Standortes bzgl. Gesamtbauhöhe, Rotordurchmesser, u.ä.	12	3	0	1	0
Durchführung des Baugenehmigungsverfahren durch die Teststand- ort/-feld-Verwaltung	2	6	3	3	2

Tab. 14: Kriterien für fremdverwaltete Teststandorte

Wichtung der Kriterien für eigenverwaltete Teststandorte/-felder				Teilneh- mer	16
Kriterien	sehr wichtig	bis	wichtig	bis	weniger wichtig
Flexible Rückbaubedingungen	5	9	1	0	0
kostendeckende, wirtschaftliche Rückbaubedingungen	5	7	3	0	0
Verkürzte Genehmigungsverfahren zum Umbau	13	1	2	0	0
Flexibilität des Standortes bzgl. Gesamtbauhöhe, Rotordurchmesser, u.ä.	12	2	1	0	0
Sonstige	keine Betri	ebseinschrä	inkung		

Tab. 15: Kriterien für eigenverwaltete Teststandorte

Für über 80% der Teilnehmer kommt ein Flächenkauf gegenüber einer Pacht der Fläche nicht in Frage (siehe Tab. 16).

Grundstücknutzung	Teilnehmer	14
Flächenkauf		3
Flächenpacht		12

Tab. 16: Grundstücknutzung

WIND-consult GmbH Seite 48 von 82



#### 7.3.6 F&E-Projekte

Neben dem Bedarf zur Zertifizierung von Prototypen (Test-WEA) wurde auch der Bedarf an Standorten zur Forschung und Entwicklung (Forschungs-WEA) erfragt. Dazu zählt Erprobung und Test von Komponenten und Systemlösungen, sowie Forschungsvorhaben mit Universitäten, Lieferanten und Kooperationspartnern.

	Anzahl der Fo	rschungs-WEA
Jahre	-10	+10
Teilnehmer	10	14
Gesamt	75	116
Mittelwert insg.	8	8
Max	50	50
Min	1	1
Std	14.28	11.92

Tab. 17: Bedarf an Forschungsstandorten

Von dem Bedarf von 116 Forschungsstandorten (siehe Tab. 17) entfallen ca. 75% auf in Mecklenburg-Vorpommern ansässige Unternehmen. Wobei zu beachten ist, dass davon ein Teilnehmer knapp 60% in Anspruch nimmt. Wird dieser als Extremwert betrachtet, von der Auswertung ausgeschlossen und angenommen, dass nur Unternehmen, die in der Region ansässig sind, diesen Bedarf in der Region decken möchten, ergibt sich ein **Gesamtbedarf an 36 Forschungsstandorten**.

Folgende Tabelle verdeutlicht die Kriterien für einen Forschungsstandort, die sich im wesentlichen nicht von einem Teststandort unterscheiden.

Kriterien für einen Forschungsstandort				Teilnehmer	15
			Wichtu	ng	
Messung	sehr wichtig	bis	wichtig	bis	weniger wichtig
Windgeschwindigkeitsbedingungen	11	2	2	0	0
Flexibilität des Standortes bzgl. Gesamtbauhöhe, Rotordurchmesser, u.ä.	8	3	2	1	1
Nähe zum Unternehmen	6	4	3	1	1
straßenseitige Erschließung	2	2	7	4	0
stromnetzseitige Erschließung	3	6	4	2	0
flexible Rückbaubedingungen	3	4	6	2	0
verkürzte Genehmigungsverfahren zum Umbau	9	4	2	0	0
Eigenverwaltung	3	3	3	5	1
keine Fremd-WEAs am Standort	4	0	4	4	3
Standortkonformität zu IEC 61400-12-1	6	2	6	1	0
Sonstige	Keine Betriebs	einschränku	ung, hohe Kur	zschlussleistung	

Tab. 18: Kriterien für Forschungsstandorte

Wie häufig die Teilnehmer von ihren Lieferanten bzw. Komponentenherstellern und von Forschungseinrichtungen zu Forschungsprojekten angefragt werden, ist in folgender Tabelle dargestellt.

WIND-consult GmbH Seite 49 von 82



	Bedarf an Forschungsstan- dorten - Lieferanten bzw. Komponentenhersteller	Bedarf an Forschungsstan- dorten - Forschungseinrich- tungen
häufig	2	5
selten	11	9
gar nicht	2	3

Tab. 19: Anfragen von Dritten zu F&E-Projekten

#### 7.3.7 Taktzeit

Die Taktzeit ist ein Begriff aus der Logistik, der den Zeitraum beschreibt, in dem eine festgelegte Menge eines Produktes verarbeitet wird. In diesem Fall wird mit der Taktzeit ermittelt, in welchen Zeiträumen Hersteller bzw. Entwickler eine Test-WEA oder eine Forschungs-WEA bezüglich ihrer Bedarfsangabe errichten würden. Die Taktzeit wird wie folgt berechnet:

$$Taktzeit = \frac{10 \, Jahre^*}{Standortbedarf}$$

Dabei gilt die Annahme, dass die zu errichtenden WEA über die 10 Jahre gleichverteilt sind.

Für Test-WEA ergibt sich folgende Häufigkeitsverteilung:

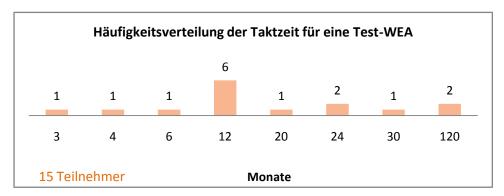


Abb. 14: Taktzeiten für eine Test-WEA

Dies bedeutet, dass 40 % der Teilnehmer jährlich, 20 % häufiger und 40 % seltener eine Test-WEA errichten möchten. Die Angaben beziehen sich auf den gesamten Standortbedarf je Teilnehmer.

Für Forschungs-WEA ergibt sich folgende Häufigkeitsverteilung:

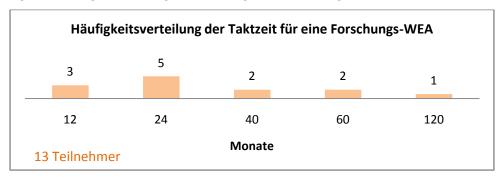


Abb. 15: Taktzeiten für eine Forschungs-WEA

WIND-consult GmbH Seite 50 von 82

<sup>\*</sup> Die Teilnehmer der Umfrage wurden gebeten Ihre Angaben für einen Zeitraum von 10 Jahren anzugeben.



Dies bedeutet, dass knapp 40 % der Teilnehmer alle zwei Jahre, weniger als 25 % häufiger und knapp 40 % seltener eine Forschungs-WEA stellen möchten. Die Angaben beziehen sich auf den gesamten Bedarf für Forschungsstandorte je Teilnehmer.

Somit ist davon auszugehen, dass die Mehrzahl der Hersteller bzw. Entwickler einen Teststandort pro Jahr und einen Forschungsstandort alle zwei Jahre nachfragen werden.

#### 7.4 Zusammenfassung der Umfrageergebnisse

Aus der Umfrage geht hervor, dass von einem kalkulatorischen Bedarf in der Größenordnung von 30 Standorten für Test-WEA in Mecklenburg-Vorpommern in den nächsten 10 Jahren, von denen mehr als zwei Drittel auf die Region Rostock entfallen würden, ausgegangen werden kann. Dabei ist zu beachten, dass nur vier Teilnehmer die Grundlage dieses Bedarfs bilden und somit eine zeitliche Verteilung des Bedarfs über die nächsten 10 Jahre zu erwarten ist. Der kalkulatorische Bedarf ist auf die bisherige Verteilung der Standorte für Prototypen auf die Regionen (Planungsregion Rostock, Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland und Ausland) zurückgeführt. Teilnehmer, die einen hohen Anteil ihrer Prototypen in der Region bereits vermessen lassen, verursachen einen hohen Anteil am kalkulatorischen Bedarf.

Wird jedoch davon ausgegangen, dass, allein durch die Bereitstellung neuer Teststandorte, die gewissen Rahmenbedingungen (siehe unten) entsprechen, nur 17 % aller prognostizierten Standorte für Test-WEA der in Mecklenburg-Vorpommern ansässigen Unternehmen, abzüglich des kalkulatorischen Bedarfs, in Anspruch genommen werden, kommen knapp 50 % hinzu. Dabei finden die restlichen Unternehmen noch keine Berücksichtigung. Dies ergibt einen **prognostizierten Gesamtbedarf in der Größenordnung von 40 Standorten für Test-WEA in den kommenden 10 Jahren.** 

Darüber hinaus ist aber zu beachten, dass es für Unternehmen nicht in jedem Fall möglich ist, ihre Prototypen in der Region zu vermessen. Dazu zählen speziell für ausländische Netze konzipierte, für komplexes Gelände optimierte oder ausländischen Standards entsprechende WEA. Bürokratische und infrastrukturelle Hürden erschweren zudem die Entscheidung einen Prototypen in der Region zu installieren. (Aussagen der Umfrageteilnehmer)

Um möglichst attraktive Standorte zur Verfügung zu stellen, werden von den Teilnehmern der Umfrage folgende Kriterien als wichtig erachtet:

- gute Windgeschwindigkeitsbedingungen am Standort
- einen Windauswertesektor von 100° in Hauptwindrichtung (Süd-West) bis zur Starkwindrichtung (Nord-West)
- Nähe zum Unternehmen (insbesondere für ansässige Unternehmen)
- gute strom- und straßenseitige Anbindung, insbesondere an spannungseinbruchstestfähige Netze
- flexibler Standort hinsichtlich der Gesamtbauhöhe und Größe des Rotors
- Rückbauverpflichtungen von nicht weniger als 12 Jahren
- verkürzte Genehmigungsverfahren beim Umbau des Prototyps
- flexible Rückbaubedingungen



- kostendeckende, wirtschaftliche Rückbaubedingungen
- Beteiligung an der Einspeisevergütung
- Bevorzugung von Flächenpacht gegenüber Flächenkauf

Zusätzlich wurden folgende Anregungen durch einzelne Teilnehmer gegeben:

- keine Betriebseinschränkung (z.B. Befreiung vom Einspeisemanagement)
- keine vorgeschriebene Schallreduzierung/Einschränkungen durch Schattenabschaltung
- Test nichtzertifizierter Betriebsweisen/Regler
- gute Zusammenarbeit mit Landwirten, speziell für Schallmessungen, wünschenswert
- Schutz gegen Vandalismus
- geringe Pacht und Zusatzkosten
- Reduzierung der Dauer des BlmSch-Genehmigungsverfahrens
- Möglichkeit der Vermessung von Prototypen, die für den Weltmarkt konzipiert sind und nicht den SDL-Netzkriterien entsprechen

Als weniger wichtig werden folgende Kriterien erachtet:

- Fremd- oder Eigenverwaltung eines Standortes
- Fremd-WEA am Standort (WEA von Mitbewerbern)

Zusätzlich zu den Standorten für Test-WEA, die der Zertifizierung von Prototypen dienen sollen, gibt es einen nicht unerheblichen Bedarf an Forschungs- und Entwicklungsstandorten für Forschungs-WEA, die hier gesondert betrachtet werden.

Als Forschungsstandorte sind solche Standorte zu verstehen, die den Herstellern und Entwicklern die Möglichkeit geben, frei an Ihren WEA z.B. Komponenten zu testen, Systemlösungen zu entwickeln, mit Zulieferern oder Universitäten zu forschen.

Die befragten Unternehmen veranschlagen für diesen Zweck insgesamt einen Bedarf von über 100 Forschungsstandorten, wobei über 40% von einem Teilnehmer in Anspruch genommen werden. Wird dieser als Extremwert angenommen und in der Bedarfsanalyse nicht berücksichtigt, kann von einer Größenordnung von 40 Forschungsstandorten in den nächsten 10 Jahren ausgegangen werden, wenn nur die in Mecklenburg-Vorpommern ansässigen Unternehmen berücksichtigt werden. Dabei wurde für die Bedarfsberechnung angenommen, dass die Nähe zum Unternehmen eine große Rolle spielt und somit 100% des Bedarfs auf das Land entfallen.

Im Vergleich zu den großen Unternehmen der Branche haben kleinere Unternehmen ein größeres Steigerungspotential und somit einen stärkeren Zuwachs des Standortbedarfs, was sich in den Zahlen der Umfrage widerspiegelt. Kleinere Unternehmen sind in der Regel Entwickler, die teilweise WEA für Hersteller im Ausland entwickeln, die zu Verkaufs- und Präsentationszwecken typenzertifiziert werden müssen. Um die Zertifizierung optimal zu betreuen, werden Teststandorte in der Nähe des Unternehmens benötigt.



Im Schnitt erwarten kleinere Unternehmen aus Mecklenburg-Vorpommern mit weniger als 50 Mitarbeitern eine Steigerung um 150 %. Große Hersteller entwickeln WEA schon länger als 10 Jahre auf einem quantitativ hohen Niveau, so dass ihre Steigerungsraten geringer ausfallen. Große Unternehmen aus Mecklenburg-Vorpommern erwarten eine Steigerung um ca. 30 % und Unternehmen außerhalb Mecklenburg-Vorpommerns um lediglich 7 %. Unternehmen, die in den vergangenen 10 Jahren noch keinen Standortbedarf hatten, wurden bei Berechnung der Steigerungsraten nicht berücksichtigt. Diese haben einen Bedarf von insgesamt neun Standorten angegeben.

Im weitesten Sinne kann bestätigt werden, dass sich die Angaben der Umfrageteilnehmer mit den langjährigen Erfahrungen der WIND-consult decken. Dazu zählen der Anstieg der Test-WEA Vermessungen insgesamt und die zunehmenden Bestrebungen Messzeiträume auszudehnen, um über den Zertifizierungsprozess hinaus Innovationen voranzutreiben. Zudem kommt es vermehrt zu Anfragen, Standorte in der Region auf ihre Eignung als Vermessungsstandort zu untersuchen und zu bewerten.

Besonders schwierig stellt sich die Bedarfseinschätzung der F&E Projekte dar, da diese in der Regel ohne Beteiligung unabhängiger Messinstitute realisiert werden. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass im Sinne des Innovationsstandortes Mecklenburg-Vorpommern auch Standorte für F&E-Zwecke gebraucht werden. Denn im Vergleich zu anderen Industriebranchen, die bereits seit mehreren Jahrzehnten kontinuierlich an ihren Produkten forschen und entwickeln, steckt die moderne Windenergieindustrie noch in den Kinderschuhen. Besonders die Herstellkosten müssen weiter minimiert werden, um konkurrenzfähigen Strom anbieten zu können.

Weiterhin kann davon ausgegangen werden, dass Hersteller und Entwickler pro Jahr mindestens eine Test-WEA und alle zwei Jahre eine Forschungs-WEA, bezogen auf den Gesamtbedarf, errichten werden.

WIND-consult GmbH Seite 53 von 82



## 8 Steuerungsmöglichkeiten für die Bereitstellung und Nutzung von Erprobungsstandorten

In den folgenden Abschnitten sollen Kriterien beschrieben werden, mit deren Hilfe Anträge für Erprobungsstandorte im Planungs- und Genehmigungsprozess beurteilt und gesteuert werden können. Hierbei wird zwischen Erprobungsstandorten zur Typenzertifizierung (Teststandorte) und Standorten zur Forschung und Entwicklung (Forschungsstandorte) unterschieden. Die Typenzertifizierung folgt zumeist klaren Prozessschritten, während die Forschung und Entwicklung (F&E) sehr weit gefasst werden kann. Weiterhin soll zwischen F&E an der WEA und ihren Komponenten mit dem Ziel der Weiterentwicklung und der F&E neuer Technologien im Zusammenhang mit bereits entwickelten WEA unterschieden werden.

#### 8.1 Teststandorte zur Typenzertifizierung

Auf den Prozess der Typenzertifizierung wird in Kapitel 4.3.2 genauer eingegangen. Hieraus ergibt sich, dass zum Erhalt eines Typenzertifikats definierte, durch den Zertifizierer vorgegebene Schritte eingehalten werden müssen. Es gibt zwei wesentliche Zertifizierungsrichtlichtlinien (IEC und GL), die sich in Ihrer Systematik ähneln.

Zunächst werden die Konstruktionsunterlagen geprüft. Ist die Errichtung einer WEA aus sicherheitstechnischer Sicht möglich, müssen die Konstruktionsunterlagen durch praktische Messungen im Feld validiert werden. Folgende Begriffe werden von der entsprechenden Norm genutzt:

- Typprüfung nach IEC EN 61400-22
- Prototypentest nach GL-Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen

Hierzu lassen sich jeweils Zwischenzertifikate, die den jeweiligen WEA-Typen als Prototypen ausweisen, ausstellen, wobei folgende Begriffe verwendet werden:

- Prototypenzertifikat nach IEC EN 61400-22
- Prototypengutachten nach GL-Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen

Dies sagt aber noch nichts darüber aus, welche Anforderungen an die Prototypvermessung gestellt werden. Es wird lediglich bestätigt, dass sich dieser Prototyp im Zertifizierungsprozess befindet und aus sicherheitstechnischer Sicht errichtet werden kann.

Bei einer Neuentwicklung eines Anlagentyps kann davon ausgegangen werden, dass alle relevanten Vermessungen, die einen Teststandort erfordern, durchgeführt werden müssen. Dazu kann von Seiten der Planungs- bzw. Genehmigungsbehörden ein Testplan angefordert werden, der in der Regel durch den Zertifizierer erstellt oder gefordert wird. Anhand dieses Plans lässt sich genau erkennen, welche Messungen in welchem Umfang notwendig sind.

Dennoch ist darauf zu achten, dass der Zertifizierungsprozess dynamisch verläuft. D.h., dass sich während des Verfahrens Messanforderungen und somit auch Testpläne ändern können. Ein Nachweis über den Verlauf einer Vermessung kann vom Hersteller bzw. Entwickler in Form eines Berichts und/oder dessen Auszugs erbracht werden.

Vermessungen im Rahmen einer Zertifizierung müssen laut Norm durch unabhängige, akkreditierte Unternehmen bzw. Institute vorgenommen werden.



Jedoch verlangen nicht alle Arten der Vermessung einen gesonderten Teststandort. Die Anforderungen an den Standort der einzelnen Messungen lassen sich dem Kapitel 5 entnehmen. Unverrückbare Anforderungen, die sich unmittelbar an den Teststandort stellen, sind in erster Linie durch eine Leistungskurvenvermessung bestimmt, auf die auch die Belastungsmessung Bezug nimmt. Zwar gibt es auch weitere Anforderungen an einen Standort, wie zum Beispiel an das Netz für einen Spannungseinbruchtest, allerdings lassen sich diese in den meisten Fällen durch einen neuen Netzanschluss erfüllen. Die Erfüllung dieser Anforderung kann nur durch den Netzbetreiber beurteilt werden.

Die Anzahl der potenziellen Teststandorte in der Planungsregion Rostock, die den Anforderungen der beiden wesentlichen Vermessungen (Leistungskurven- und Belastungsmessung) genügen, ist begrenzt (siehe Kapitel 6.4). Ausgehend vom Bedarf (siehe Kapitel 7) sollten diese Standorte in Eignungsräumen landesplanerisch vorgehalten werden und die Zulassung/Genehmigung von Test-WEA auf diesen Standorten am nachweislichen Erfordernis einer Leistungskurven- und/oder Belastungsmessung festgemacht werden.

#### 8.2 Forschungsstandorte für F&E-Projekte

Neben der notwendigen Zertifizierung von WEA-Prototypen, sind Forschung und Entwicklung für Innovationen und Weiterentwicklungen notwendig. Dies geschieht nicht nur im Labor bzw. auf Prüfständen, sondern auch im Feld an betriebsfähigen WEA (siehe 8.2.1).

Darüber hinaus können WEA auch indirekt in Forschungsprojekten verwendet werden, um z.B. neue Speichermedien zu testen (siehe 8.2.2) .

#### 8.2.1 Forschung und Entwicklung an WEA

Wann und in welchem Umfang Messungen mit spezifischen Standortanforderungen notwendig werden, ist bei Forschung und Entwicklung an WEA schwierig einzuschätzen. Da sich hier keine fest vorgegebenen Prozesse finden lassen, müssen **Einzelfallentscheidungen** getroffen werden.

Dem muss ein gewisser Grad an Innovationscharakter vorausgehen, der durch unabhängige Experten der Branche beurteilt werden kann. Ist ein solcher Standort genehmigt, sollte der Verlauf des Vorhabens begleitet und kontrolliert werden.

Eine Lösungsmöglichkeit stellen speziell für einen Hersteller oder Entwickler zur Verfügung gestellte Flächen dar. Der Hersteller oder Entwickler hat dann die Möglichkeit an seinen WEA zu forschen und zu entwickeln. Der Anspruch muss dann im Vorfeld geprüft und durch den Hersteller oder Entwickler belegt werden.

## 8.2.2 Forschung und Entwicklung mit WEA

Unter Forschung und Entwicklung mit WEA werden Projekte verstanden, bei denen die WEA nicht unmittelbar das Forschungsobjekt darstellt, wie z.B. autarke Wasserentsalzung, Wasserstoffspeicher, Inselsysteme, u.a. bei denen die WEA zur Energieversorgung beiträgt.

Wie schon in 8.2.1 beschrieben, muss auch hier von Fall zu Fall entschieden werden. Hierbei ist insbesondere zu prüfen, ob ein Forschungsstandort unbedingt erforderlich ist, um das Forschungsziel zu erreichen.

WIND-consult GmbH Seite 55 von 82



#### 8.3 Steuerungsmöglichkeiten

Für beide Fälle - Test- und Forschungsstandorte - müssen Standorte zur Verfügung gestellt werden, um die Wertschöpfungskette von der Entwicklung bis zum Vertrieb einer WEA in der Region zu halten, um sich als Innovationsmotor der Windenergiebranche weiter zu etablieren und die damit verbundenen Synergie-Effekte für die Region zu nutzen.

Darüber hinaus kann die Vergabe von Test- bzw. Forschungsstandorten an nichtansässige Unternehmen der Region neue Impulse geben und zur Ansiedlung neuer Unternehmen führen. Hierdurch werden neue Arbeitsplätze, besonders hochqualifizierte Ingenieursstellen, im Land generiert.

Es müssen überprüfbare Kriterien zur Genehmigung eines Standortes bereitgestellt werden, um eine Gleichbehandlung der Antragsteller sicherzustellen. Es ist z.B. nicht wünschenswert durch Kriterien, die ein hohes Maß an Unwirtschaftlichkeit zur Folge haben, kleinere Unternehmen zu benachteiligen. So kann eine Rückbauverpflichtung unter 12 Jahren (siehe Kapitel 7.3.5) dazu führen, dass nur große Unternehmen in der Lage sind, die damit verbundenen Kosten zu schultern, was hingegen für kleinere Unternehmen untragbar wäre. In Kapitel 9 werden Vorschläge zur Entscheidungsfindung unterbreitet. Auf mögliche Konzepte wird in Kapitel 10 eingegangen.



# 9 Entscheidungskriterien für die Landesplanungs- und Genehmigungsbehörden zur Beurteilung von Erprobungsstandorten

Wie in Kapitel 8 beschrieben, lassen sich Genehmigungen von Teststandorten (Erprobungsstandorte für den Zertifizierungsprozess von Prototypen) nach genauen Kriterien erteilen. Über Forschungsstandorte muss hingegen von Fall zu Fall entschieden werden.

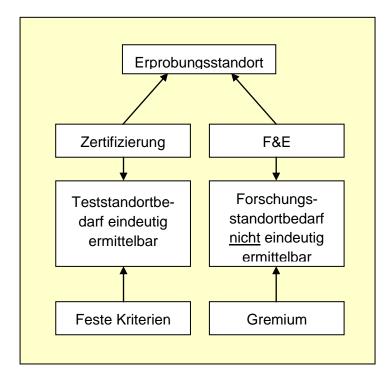


Abb. 16: Erprobungsstandorte

## 9.1 Kriterien des Zertifizierungsprozesses

Die Grenzen zwischen einer Weiter- und Neuentwicklung einer WEA sind fließend und können nicht nach festen Kriterien (Normen, Richtlinien und Definitionen) beurteilt werden. Allein während des Zertifizierungsprozesses wird vom Zertifizierer entschieden, welche Vermessung an der WEA durchzuführen sind. In diesem Sinne sind alle WEA als Test-WEA für die Planung und Genehmigung zu betrachten, an denen nachweislich Leistungskurven- und/oder Belastungsmessungen durchzuführen sind.

Anzumerken ist, dass eine in Deutschland notwendige Typenprüfung, die aus baurechtlicher Sicht für Errichtung einer WEA notwendig ist, keine Aussage darüber enthält, ob eine WEA vermessen werden muss.

Der Zertifizierungsprozess beginnt mit der Begutachtung der Konstruktionsunterlagen (Details siehe Kapitel 4.3). Im Laufe des Prozesses kommt es dann zur Vermessung der Test-WEA. Dazu wird in der Regel ein Testplan aufgestellt und ein unabhängiges, akkreditiertes Unternehmen für die Vermessung beauftragt, das nach den Messungen die Ergebnisse an den Hersteller oder Ent-

WIND-consult GmbH Seite 57 von 82



wickler übergibt. Der Zertifizierungsprozess (bezogen auf die Vermessungspflicht) endet spätestens mit dem Typenzertifikat.

Die landesplanerische Beurteilung und die Genehmigung des Standortes kann an Nachweise und Bedingungen geknüpft werden.

Beim Antragsteller können hierzu folgende Nachweise angefordert werden:

- Nachweis über Normkonformität des Standortes nach IEC 61400-12-1 eines akkreditierten Messinstituts
- Einreichen eines Prototypengutachtens des Zertifizierers (z.B. Typenprüfung nach IEC EN 61400-22 oder Prototypentest nach GL-Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen)
- Einreichen des Testplans des Zertifizierers
- Nachweis über Auftragserteilung zur Vermessung des Prototyps durch ein unabhängiges akkreditiertes Messinstitut.
- Einreichen eines Berichtauszuges oder Nachweis über die vollbrachte Leistung des unabhängigen akkreditierten Instituts
- Einreichen des Typenzertifikats

Im folgenden Schema ist dieser Prozess skizziert und es wird aufzeigt in welcher Phase aus Sicht des Zertifizierungsprozesses welche Unterlagen und Nachweise erbracht werden können. Hierbei ist zu beachten, dass zum Zeitpunkt des Genehmigungsantrages für eine Test-WEA gegebenenfalls nicht alle Unterlagen bzw. Nachweise vorliegen und somit im Laufe des Verfahrens nachgereicht werden müssen. Ein genauer zeitlicher Ablauf, wann welche Unterlagen zur Vorlage bereitliegen, hängt vom spezifischen Ablauf des Zertifizierungsprozesses für den jeweiligen WEA-Typ ab und kann nicht allgemeingültig terminiert werden.

Es ist zu empfehlen, dass der Genehmigungsprozess so gestaltet wird, dass die Genehmigung bzw. deren Gültigkeit an Auflagen zur Erbringung von oben genannten Nachweise gebunden ist.



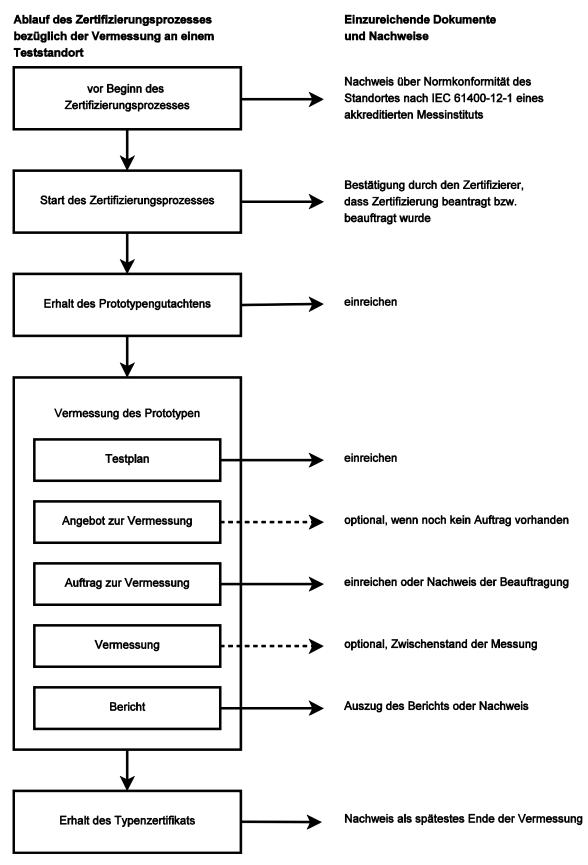


Abb. 17: Schema des Zertifizierungsprozesses mit zu erbringenden Nachweisen

WIND-consult GmbH Seite 59 von 82



#### 9.2 Gremium für F&E Standorte

Für die landesplanerische Beurteilung und die Genehmigung eines Forschungsstandortes ist es in jedem Fall sinnvoll, die Expertise eines Fachgremiums einzuholen. Dazu müssen die Anträge gesichtet, der Grad der Innovation sowie die Wirtschaftlichkeit beurteilt werden, um Kriterien und Auflagen für eine Genehmigung zu erarbeiten.

Das Gremium sollte vorzugsweise aus unabhängigen Personen und Institutionen bestehen, die den Sachverhalt fachlich beurteilen können. Die Entscheidung kann nur einen empfehlenden Charakter besitzen.



## 10 Konzepte zur Nutzung von Eignungsgebieten für Erprobungsstandorte

Die Nutzung eines Eignungsgebiets zur Erprobung von Test- und Forschungs-WEA ist durch die Anforderungen an den Standort nicht trivial. Sind in einem Eignungsgebiet Standorte für die Vermessung nach IEC 61400-12-1 geeignet, muss für die zur Verfügung stehende Fläche eine sinnvolle räumliche und zeitliche Standortplanung gefunden werden. Im Folgenden werden Flächennutzungskonzepte in Form von Bebauungs- und Zeitraumkonzepten diskutiert. Diese sind exemplarisch zu behandeln.

#### 10.1 Bebauungskonzepte

#### 10.1.1 Anordnung in einer Reihe

Die einfachste Nutzung einer Fläche ist die Ausrichtung der WEA in einer Reihe. Dies bietet sich an, wenn die zur Verfügung stehende Fläche sehr schmal und zur Hauptwindrichtung orthogonal ausgerichtet ist. Die Test-WEA bzw. Forschungs-WEA können dann je nach Anforderung ausgetauscht werden. Lediglich die Anzahl der nebeneinander stehenden WEA kann durch größer werdende Rotorkreisflächen reduziert werden, aber es kommt zu keinen Abschattungen durch benachbarte WEA in Hauptwindrichtung.

Dabei ist zu beachten, dass die Abstände zwischen den WEA vom Rotordurchmesser abhängig sind und somit die Standortanzahl in einem Eignungsgebiet mit Zunahme des Rotordurchmessers bei künftigen WEA abnimmt.

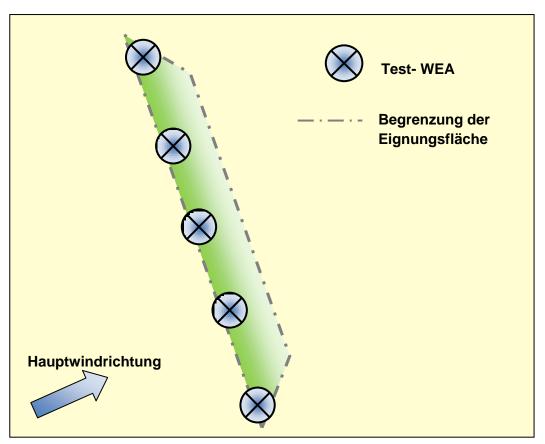


Abb. 18: Anordnung der WEA in Reihe

WIND-consult GmbH Seite 61 von 82



#### 10.1.2 Mischbebauung

Gibt es relativ zur Hauptwindrichtung eine Ausdehnung in die Tiefe und somit die Möglichkeit WEA in mehrere hintereinander angeordnete Reihen anzuordnen, können die WEA der zweiten Reihe nicht mehr vermessen werden, da ihre Anströmung durch die erste Reihe gestört ist, und dies ist laut IEC 61400-12-1 nicht zulässig.

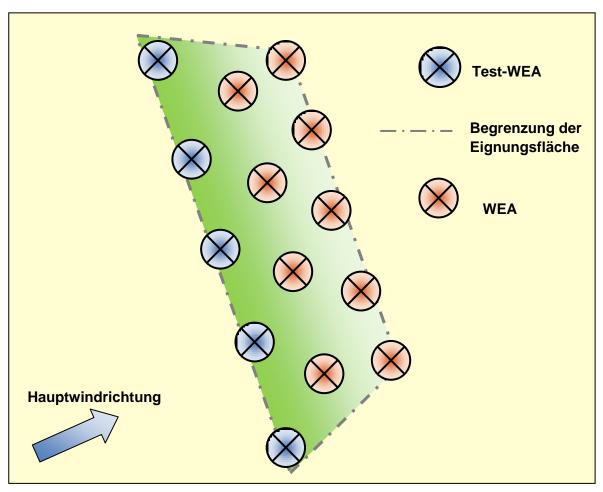


Abb. 19: Mischbebauung

Soll aber dennoch die gesamte Fläche nahezu zeitgleich bebaut werden, bietet sich eine Mischbebauung an. Bis auf die erste Reihe, die wie in 10.1.1 zur Vermessung geeignet ist, können die übrigen Standorte kommerziell genutzt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Abstände zur zweiten Reihe, in Abhängigkeit vom Rotordurchmesser, zukunftssicher zu wählen sind.

### 10.1.3 Bebauung in mehreren Bebauungsphasen

Eine weitere Möglichkeit der Flächennutzung stellt die Bebauung in Abschnitten bzw. Phasen dar. Hierbei wird eine Fläche mit einer Ausdehnung in die Tiefe bezüglich der Hauptwindrichtung vollständig zur Vermessung von WEA verwendet.

In der Bauphase I wird die östlichste Reihe orthogonal zur Hauptwindrichtung (Südwest) zur Vermessung errichtet. Ist die Vermessung abgeschlossen, folgt Bauphase II. Hierbei wird eine Reihe vor die Reihe der Bauphase I platziert. Somit steht die östlichste Reihe in Zukunft zur Vermessung

WIND-consult GmbH Seite 62 von 82



nicht mehr zur Verfügung. Diese Reihe kann dann kommerziell genutzt werden. Ist die Vermessung der Reihe aus der Bauphase II abgeschlossen, dann schließt sich die Bauphase III an, usw.

Dabei ist zu beachten, dass sich die Abstände zwischen den Reihen vergrößern und die Anzahl der WEA von Reihe zu Reihe reduzieren, da davon auszugehen ist, dass die Rotordurchmesser künftig zunehmen werden.

Dieses Konzept bietet sich an, wenn diese Fläche einem Hersteller bzw. Entwickler zur Verfügung gestellt wird. Dieser hat dann die Möglichkeit eine große Anzahl an Test- oder Forschungs-WEA zu erproben.

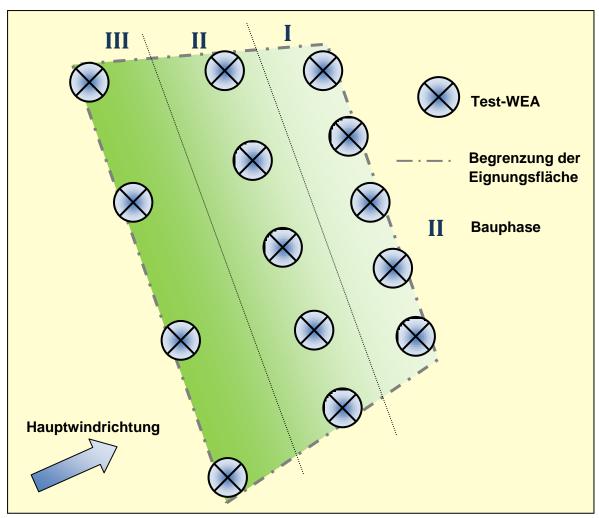


Abb. 20: Bebauungsphasen

WIND-consult GmbH Seite 63 von 82



#### 10.2 Zeitraumkonzepte

Neben der Flächenausnutzung stellt sich auch die Frage nach den Rückbaubedingungen. Daher sollen folgend zwei Konzepte vorgestellt werden, die koexistieren können, wenn auch nicht am gleichen Standort.

#### 10.2.1 Langzeit-Erprobungsstandort

Der Anspruch sollte sein, allen Mitbewerbern die gleiche Chance auf einen Erprobungsstandort einzuräumen. Besonders für kleinere Entwickler und Hersteller ist die Errichtung einer Test- bzw. Forschungs-WEA eine außerordentliche Investition. Daher sollte die Möglichkeit bestehen, dass diese Kosten durch die Einspeisung refinanziert werden können. Aus der Umfrage und anhand schriftlicher Stellungnahmen sind Rückbauzeiten von 5 Jahren nicht realisierbar. Im Mittel wird eine Betriebszeit von mindestens 12 Jahren als machbar eingeschätzt. Dies bedeutet, dass nach Ablauf dieser Zeit der Standort wieder für eine neue Test- bzw. Forschungs-WEA zur Verfügung steht.

#### 10.2.2 Testfeld mit kurzen Rückbauzeiten

Besonders große Unternehmen können kürzere Rückbauverpflichtungen eingehen. Bei einer Knappheit an Standorten rückt die Rentabilität in den Hintergrund, wie exemplarisch an bereits international bestehenden Testfeldern zu beobachten ist. Daher ist es durchaus sinnvoll in der Region bzw. im Land mindestens ein Testfeld für Vermessungen mit einer Rückbauzeit weit unter 12 Jahren zu realisieren.

Damit die Attraktivität für die Nutzer gegeben ist, muss die zur Vermessung notwendige Infrastruktur vorhanden sein und das Testfeld durch eine kompetente Verwaltungs- bzw. Betriebsgesellschaft betreut werden.

WIND-consult GmbH Seite 64 von 82



## 11 Zusammenfassung

Die Planungsregion Rostock nimmt in der Windenergiewirtschaft eine hervorgehobene Position in Mecklenburg-Vorpommern ein. Sie zeichnet sich u.a. durch eine hohe Dichte von Herstellern und Entwicklern von WEA aus, die einen unabweisbaren Bedarf an WEA-Standorten für Test- und Forschungszwecke haben.

Mit der vorliegenden Studie werden für den Planungsverband der Region Rostock fachliche Grundlagen bereitgestellt, die insbesondere zu folgenden Schwerpunkten Aussagen und Ergebnisse liefern:

- Inhalt und Ablauf sowie Normen und Richtlinien des Zertifizierungsprozesses bei der Neuund Weiterentwicklung von WEA
- Beschreibung von Vermessungsmethoden und -verfahren für WEA, die im Rahmen des Zertifizierungsprozesses durchgeführt werden müssen
- Beschreibung, Bewertung und Wichtung der Standortanforderungen, die an einen Vermessungsstandort für eine Test-WEA (Prototyp) gestellt werden
- Analyse und Prognose zum Bedarf an Test- und Forschungsstandorten für die Planungsregion Rostock bzw. Mecklenburg-Vorpommern auf Basis einer Umfrage bei Herstellern und Entwicklern
- Beschreibung von Steuerungsmöglichkeiten für die Bereitstellung und Entscheidungskriterien für die Beurteilung von Erprobungsstandorten für Test- und Forschungs-WEA
- Darstellung und Beschreibung von r\u00e4umlichen und zeitlichen Nutzungskonzepten f\u00fcr Eignungsgebiete zu Test- und Forschungszwecken
- Ableitung von Empfehlungen zur Flächenvorsorge für Test- und Forschungsvorhaben im Rahmen der Fortschreibung des Regionalen Raumentwicklungsprogramms der Planungsregion Rostock

Die im Rahmen der Studie durchgeführte Umfrage, an der 17 von 24 angefragten Unternehmen der Windenergiebranche teilgenommen haben, zeigt einen steigenden Bedarf an Erprobungsstandorten. Bei Teststandorten für die Vermessung von Prototypen ist für die Planungsregion und Mecklenburg-Vorpommern von einem Bedarf von ca. 30 bis 40 Standorten in den kommenden 10 Jahren auszugehen. Hinzu kommt ein weiterer Bedarf für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben von ca. 40 Standorten.

Es wurde aufgezeigt, dass sich aus der Systematik des Zertifizierungsprozesses eindeutige Kriterien für die landesplanerische Beurteilung und die Genehmigung eines Teststandortes ableiten lassen. Bei Forschungsstandorten hingegen sind Einzelfallentscheidungen unumgänglich, für die gegebenenfalls unabhängige Expertisen erforderlich sind.

Mit der vorliegenden Studie wird den Landesplanungs- und Genehmigungsbehörden ein Hilfsmittel an die Hand gegeben, auf dessen Grundlage belastbare Planungen für die Flächenvorsorge bzw. -ausweisung von Erprobungsstandorten entwickelt werden können und mit dessen Hilfe die nachhaltige und zweckgebundene Nutzung dieser Standorte im Rahmen der landesplanerischen Beurteilung und im Genehmigungsprozess gesteuert bzw. überwacht werden kann.

WIND-consult GmbH Seite 65 von 82



### 12 Ausblick und Handlungsempfehlungen

Für die weitere Ausgestaltung der regionalplanerischen Ausweisung von Eignungsgebieten für Erprobungs- und Forschungszwecke und des Genehmigungsverfahrens für Test- und Forschungs- WEA werden folgende Empfehlungen gegeben:

- Detaillierte Standortanalyse innerhalb der Eignungsgebiete für Erprobungs- und Forschungszwecke zur Ermittlung einer belastbaren Anzahl von Teststandorten für Prototypen unter der Maßgabe einer räumlich, zeitlich und wirtschaftlich optimalen Nutzung der Gebiete bzw. Standorte
- Nach der o.g. Ermittlung einer belastbaren Anzahl von Teststandorten, ist gegebenenfalls zu entscheiden, ob Flächen innerhalb der Eignungsgebiete, die sich nicht für Erprobungsund Forschungszwecke eignen, für den kommerziellen Betrieb von WEA freigegeben werden können. Für diese Mischbebauung sollte ein geeignetes Planungsinstrument genutzt werden, um die Vorhaltung bzw. langfristig wechselnde Bebauung der Teststandorte mit Test- und Forschungs-WEA zu sichern.
- Abstimmung zwischen den Planungs- und Genehmigungsbehörden zur Gestaltung der Prüfung und Zulassung, sowie zur Steuerung und Genehmigung von Test- und Forschungs-WEA zur Sicherung einer nachhaltigen und zweckgebunden Nutzung innerhalb der Eignungsgebiete
- Berücksichtigung, dass den Test- und Forschungs-WEA wirtschaftlich vertretbare Refinanzierungszeiten eingeräumt werden sollten (Durchschnitt aus der Umfrage: 12 Jahre).
- Aufrechterhaltung der bisherigen Möglichkeit, in besonderen Ausnahmefällen die Errichtung von WEA zu Test- und Forschungszwecken auch außerhalb von Eignungsgebieten zuzulassen, um flexibel auf zusätzlichen Bedarf und besondere Standortanforderungen reagieren zu können.
- Unterstützung des Landes bei der Standortfindung für ein hersteller- bzw. entwicklerunabhängiges Testfeld in Mecklenburg-Vorpommern



## 13 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Elemente der Bewertung der Konstruktion /IEC22 (S.21)/	16
Abb. 2:	Elemente der Typprüfung /IEC22 (S. 28)/	17
Abb. 3:	Module der Typenzertifizierung /IEC22 (S.15)/	18
Abb. 4:	Bestandteile des Typenzertifikats /GL2010 (Kapitel 1, S.1-4)/	19
Abb. 5:	Auszuschließende Sektoren aufgrund der Nachlaufströmung benachbarter und in Betrieb befindlicher Windturbinen und maßgeblicher Hindernisse /IEC121 (S.37)/	32
Abb. 6:	Beispiel für auszuschließenden Sektor aufgrund der Nachlaufströmung einer benachbarten und in Betrieb befindlichen Windturbine /IEC121 (S. 38)/	33
Abb. 7:	Darstellung des zu bewertenden Bereichs, Draufsicht /IEC121 (S. 39)/	34
Abb. 8:	Darstellung der Modellebene im Gelände	35
Abb. 9:	Eignungsgebiet Tarnow	37
Abb. 10:	Eignungsgebiet Groß Bäbelin	38
Abb. 11:	Anteil der Hersteller und Entwickler	41
Abb. 12:	Anteile der Teilnehmer nach Mitarbeiteranzahl	41
Abb. 13:	Anzahl der errichteten WEA-Prototypen nach Regionen (prozentual)	45
Abb. 14:	Taktzeiten für eine Test-WEA	50
Abb. 15:	Taktzeiten für eine Forschungs-WEA	50
Abb. 16:	Erprobungsstandorte	57
Abb. 17:	Schema des Zertifizierungsprozesses mit zu erbringenden Nachweisen	59
Abb. 18:	Anordnung der WEA in Reihe	61
Abb. 19:	Mischbebauung	62
Abb. 20:	Bebauungsphasen	63



## 14 Tabellenverzeichnis

Tab.	1:	Anforderungen an den Messstandort: Variation der Topografie /IEC121 (S.39)/	33
Tab.	2:	Einschätzung der Eignungsgebiete	37
Tab.	3:	Mitarbeiter in Mecklenburg-Vorpommern	41
Tab.	4:	Verkaufte WEA	41
Tab.	5:	Entwickelte Serientypen	41
Tab.	6:	Bedeutung der einzelnen Messungen	42
Tab. ˈ		Statistik zu Prototypenanzahl, -entwicklungsdauer, -Teststandorte und Messdauer für vergangene 10 Jahre und kommenden 10 Jahre, inkl. Eingliederung in Unternehmensgröße	43
Tab.	8:	Anzahl der errichteten WEA-Prototypen nach Region (absolut)	45
Tab.		Kalkulatorischer Bedarf für Mecklenburg-Vorpommern und die Planungsregion Rostock für die kommenden 10 Jahre	46
Tab.	10:	Kriterien an den Teststandort	47
Tab.	11:	Größe des Auswertesektors	47
Tab.	12:	Rückbauverpflichtung	47
Tab.	13:	Verwaltungsart	47
Tab.	14:	Kriterien für fremdverwaltete Teststandorte	48
Tab.	15:	Kriterien für eigenverwaltete Teststandorte	48
Tab.	16:	Grundstücknutzung	48
Tab.	17:	Bedarf an Forschungsstandorten	49
Tab.	18:	Kriterien für Forschungsstandorte	49
Tab.	19:	Anfragen von Dritten zu F&E-Projekten	50



#### 15 Quellenverzeichnis

/DAK/ http://www.dakks.de/content/was-ist-akkreditierung vom 28.05.2013

/DEW/ http://www.dewi-occ.de/dienst/on2.html vom 23.05.2013.

/DEW2/ http://www.dewi-occ.de/zert/wind.html vom 21.05.2013

/DIB/ Richtlinie für Windenergieanlagen: Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise

für Turm und Gründung; Reihe B, Heft 8, März 2004, Berlin (D) Deutsches Institut

für Bautechnik (DIBt) 2004

/FGW1/ Fördergesellschaft Windenergie e.V. (FGW): Technische Richtlinien für Windener-

gieanlagen Teil 1: "Bestimmung der Schallemissionswerte", Rev. 18, Stand:

01.02.2008.; Kiel

/FGW2/ Fördergesellschaft Windenergie e.V. (FGW): Technische Richtlinien für Windener-

gieanlagen Teil 2: "Bestimmung von Leistungskurve und standardisierten Energie-

erträgen", Rev. 16, Stand: 28.01.2010; Kiel

/FGW3/ Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien e.V. (FGW):

Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen, Teil 3: "Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen am Mittel-,

Hoch- und Höchstspannungsnetz", Rev. 23, Stand: 01.05.2013, Berlin

/FGW4/ Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien e.V. (FGW):

Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten, Teil 4: "Anforderungen an Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen der elektrischen Eigenschaften

von Erzeugungseinheiten und -anlagen", Rev. 6, Stand: 01.05.2013, Berlin

/FGW5/ Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien e.V. (FGW):

Technische Richtlinien für Windenergieanlagen Teil 5: "Bestimmung und Anwen-

dung des Referenzertrages", Rev. 5, Stand: 30.01.2013, Berlin

/FGW8/ Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien e.V. (FGW) :

Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen, Teil 8: "Zertifizierung der Elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen am

Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz", Rev. 6, Stand: 01.05.2013, Berlin

/GL2010/ Guideline for the Certification of Wind Turbines Edition 2010, 01. Juli 2010 Ham-

burg (D) GL Industrial Service GmbH, 2010

/IEC1/ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC): IEC 61400-

1:2005 Wind turbines-Part 1: Design requirements (DIN EN 61400-1:2005 / VDE

0127-1 Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen)

Juli 2006 Ed. 3, Deutsches Institut für Normung e.V. und VDE Verband der Elekt-

rotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. 2006

/IEC112002/ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC): Wind turbine

generator systems - Part 11 Acoustic noise measurement techniques. IEC 61400-

11:2002 + A1:2006



/IEC112012/ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC): Wind turbine generator systems - Part 11 Acoustic noise measurement techniques. IEC 61400-11 Ed. 3.0 (2012-11) /IEC121/ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC): Wind Turbines-Part 12-1: Power performance measurement of electricity producing wind turbines. IEC 61400-12-1:2005; Deutsche Fassung DIN EN 61400-12-1: 2007-02 /IEC13/ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC): IEC TS 61400-13:2001 Wind Turbine Generator Systems - Part 13: Measurement of mechanical loads 1. edition, Geneve (CH) Central Office of the IEC 2001 /IEC21/ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC): DIN EN 61400-21 Windenergieanlagen - Teil 21: "Messung und Bewertung der Netzverträglichkeit von netzgekoppelten Windenergieanlagen" (IEC/ DIN) /IEC22/ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC): DIN EN 61400-22; Windenergieanlagen - Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung (IEC 61400-22:2010); Deutsche Fassung DIN EN 61400-22:2011 NETWORK OF EUROPEAN MEASUREMENT INSTITUTES (MEASNET): Power /MEASLK/ performance measurement procedure, Version 5: measnet, December 2009 /W2E/ http://www.w2e-rostock.de/prozess-leistungen/zertifizierung vom 28.05.2013 /WOE/ Woebbeking, Mike; "Type and Project Certification"; Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Renewables Certification (GL RC) Update 2012 http://de.wikipedia.org/wiki/Prototyp\_(Technik) vom 30.08.2013 /WIK/ /WIN/ Status des Windenergieausbaus in Deutschland; Deutsche WindGuard; 2013



## 16 Anhang

## Anhang A

**Blanko der Umfrage.** Auf den folgenden Seiten ist der Fragebogen der Umfrage aus Kapitel 7.2 dargestellt.

WIND-consult GmbH Seite 71 von 82





## **Umfrage**

an Hersteller und Konstruktions- / Entwicklungsbüros von Windenergieanlagen im Rahmen der Studie Forschungs- und Entwicklungsvorhaben der Windenergiewirtschaft

## Informationen und Hinweise zur Umfrage

#### Worum geht es?

Die Errichtung von Windenergieanlagen (WEA) ist in Mecklenburg-Vorpommern grundsätzlich nur in den dafür festgelegten Eignungsgebieten zulässig. In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass es einen unabweisbaren Bedarf der regionalen Wirtschaft an Standorten für WEA zu Test- und Forschungszwecken gibt. Die Realisierung und Nutzung von Test- und Forschungsstandorten in konventionellen Eignungsgebieten hat sich aber als konfliktreich und wenig geeignet erwiesen.

Mit der an stehenden Fortschreibung der Regio nalen Raumentwicklungsprogramme in Mecklenburg -Vorpommern soll auch der besondere Standortbedarf für die Erprobung und Vermessung von WEA in ausreichendem Umfang berücksichtigt werden.

Diese Umfrage soll dazu dienen, den voraussichtlichen Bedarf an Test-Standorten für Prototyp-WEA und Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (FE-Vorhaben) für die nächsten 10 bis 15 Jahre abzuschätzen und allgemeine Entscheidungskriterien für die Landesplanungsbehörde zur Beurteilung von Test-WEA und FE-Vorhaben unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten abzuleiten.

#### Wer führt die Studie durch?

Auftraggeber der Studie ist der Planungsverband Region Rostock.

Mit der Bearbeitung der Studie und Umfrage wurde die WIND-consult GmbH beauftragt.

#### An wen kann ich mich bei Rückfragen wenden?

Bei Rückfragen zur Umfrage steht Ihnen

Herr Nils Schlüter telefonisch (030203- 507 48) oder via E-Mail: nils.schlueter@wind-consult.de

gerne zur Verfügung.

#### Bis wann und wie ist die Umfrage zurückzuschicken?

Wir möchten Sie bitten, die ausgefüllte Umfrage bis zum 31. Mai 2013 zurückzuschicken an:

WIND-consult GmbH z. Hd. Herrn N. Schlüter Reuterstr. 9 D-180211 Admannshagen-Bargeshagen

Die Umfrage können Sie auch unter dem Link <a href="mailto:ftp://user:usr21212@85.214.28.180">ftp://user:usr21212@85.214.28.180</a> als PDF-Formular herunterladen und elektronisch ausfüllen.

Bitte senden Sie uns dann das ausgefüllte **PDF-Dokument per E-Mail an folgende Adresse** zu:

nils.schlueter@wind-consult.de

Wir wären Ihnen dankbar, wenn Sie die Übermittlung per E-Mail bevorzugen würden.





#### Was geschieht mit Ihren Angaben?

Die WIND-consult trägt die daten schutzrechtliche Verantwortung. Ihre Angaben werden streng vertraulich behandelt, entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen zum Datenschutz. Das bedeutet: Alle erhobenen Daten werden nur in ano nymisierter Form, d.h. ohne Namen und Adressen, und nur zusammengefasst mit den Angaben der anderen Unternehmen ausgewertet. Die Ergebnisse lassen keine Rückschlüsse darauf zu, welches Unternehmen welche Angaben gemacht hat.

#### Was ist bei der Bearbeitung zu beachten?

Vorrangiges Ziel der Umfrage ist die Ermittlung erforderlicher Kenngrößen zur Analyse des Bedarfs von Teststandorten für WEA-Prototypen sowie deren Varianten und Weiterentwicklungen.

Zur Sicherstellung einer normgerechten Vermessung sind Teststandorte in erster Linie anhand von topographischen bzw. orographischen Geländeeigenschaften und nicht durch infrastrukturelle Aspekte, wie z.B. die Anbindung ans Stromnetz zu bewerten. Die Anforderungen an einen Standort sind in der IEC 61400-12-1 beschrieben und sind für die Leistungskurven- und/oder Belastungsmessungen bindend. Daher wird sich nachfolgend überwiegend auf die Eignung für Leistungskurven- und/oder Belastungsmessungen beschränkt.

Zu diesem Zweck wurden folgende Begriffe und Sachverhalte, auf die in der Umfrage Bezug genommen wird, definiert:

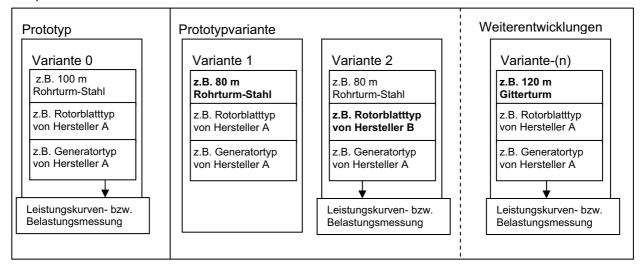
Prototyp: Neuentwicklung einer Windenergieanlage (WEA), unabhängig von Turmhöhe,

Turm-, Blatt-, Getriebe-, Generatortyp o.ä.

Prototypvariante: Version eines Prototyps mit Änderung einer wesentlichen Komponente, wie

Turmhöhe, Turm-, Blatt-, Getriebe-, Generatortyp o.ä.

#### Beispielschema



Forschungs- und Entwicklungsvorhaben: Vorhaben an/mit WEA die <u>nicht</u> der Prototyp-Vermessung dienen, aber Forschung und Entwicklungscharakter tragen und die Erprobung von Komponenten und Systemlösungen (z.B. Speicherlösungen) zum Inhalt haben und von Herstellern / Entwicklern bzw. im Verbund mit Forschungseinrichtungen und anderen Partnern durchgeführt werden.





## **Umfrage**

#### Allgemeine Angaben zum Unternehmen

1.	In welchem Geschäftsfeld ist Ihr Unternehmen seit wann tätig?
	Herstellung von WEA
	Konstruktion und Entwicklung von WEA Seit: (Jahr)
	Seit: (Jahr)
2.	Wie groß ist Ihr Unternehmen insgesamt, gemessen an der Mitarbeiterzahl?
	< 10 Mitarbeiter O < 50 Mitarbeiter O < 250 Mitarbeiter O >= 250 Mitarbeiter O
3.	Wie viele Mitarbeiter Ihres Unternehmens sind in Mecklenburg Vorpommern beschäftigt?
	keine C < 10 C < 50 C < 250 C >= 250 Mitarbeiter C Mitarbeiter C Mitarbeiter C Mitarbeiter C C Mitarbeiter C C C Mitarbeiter C C C C C C C C C C C C C C C C C C C
4.	Wie viele WEA-Serienanlagentypen wurden durch ihr Unternehmen in den letzen 10 Jahren ir den Verkauf/Vertrieb gebracht?
	Anzahl der WEA-Serienanlagentypen
	(unterschiedliche Nabenhöhen eines Typs bitte nicht zählen)
5.	Wie viele WEA verkaufte Ihr Unternehmen in den letzten 10 Jahren insgesamt?
	Anzahl der WEA
Ar	ngaben zu Prototypen
deı	r folgende Abschnitt dient der Bedarfsermittlung von Teststandorten. Der Bedarf wird unter anderem aus n Angaben zu den letzen sowie kommenden 10 Jahren ermittelt. Aussagen zu den kommenden 10 Jahrer d als <u>voraussichtliche</u> Angaben zu verstehen.
Ku	rsiv hervorgehobene Begriffe sind auf Seite 2 definiert.
6.	Wie viele <i>Prototypen</i> (Beispielschema: Variante 0) wurden/werden durch ihr Unternehmen entwickelt und errichtet?
	Anzahl der <i>Prototypen</i> in den <u>letzten</u> 10 Jahren in den <u>kommenden</u> 10 Jahren
7.	Wie viele <i>Prototypvarianten</i> wurden/werden durchschnittlich je <i>Prototyp</i> durch ihr Unternehmer entwickelt und errichtet?
	Anzahl der <i>Prototypvarianten</i> in den <u>letzten</u> 10 Jahren in den <u>kommenden</u> 10 Jahren





8.	Wie viele Teststandorte für Leistungskurv durchschnittlich für einen Prototyp und des erforderlich/erforderlich sein?		
	Anzahl der Standorte in den <u>letzten</u> 10 Jahren	in den <u>kommenden</u> 10 Jahren	
9.	Wie viele Teststandorte für Leistungskurver ihre Typenzertifizierungen <u>insgesamt</u> notwei		n/werden für
	Anzahl der Standorte in den <u>letzten</u> 10 Jahren	in den <u>kommenden</u> 10 Jahren	
10.	Wie lang war/wird die <u>durchschnittliche</u> Entwicklungsstart bis zum Abschluss der Typer		0) vom Ent-
	Dauer in Monaten in den <u>letzten</u> 10 Jahren	in den <u>kommenden</u> 10 Jahren	
11.	Wie lang war/wird die <u>durchschnittliche</u> En lungsstart bis zum Abschluss der Typenzert		om Entwick-
	Dauer in Monaten in den <u>letzten</u> 10 Jahren	in den <u>kommenden</u> 10 Jahren	
12.	Wie lang sind die durchschnittliche und die Belastungsmessungen für <i>Prototypen</i> bzw. I		n- und/oder
	Dauer in Monaten		
	für die <u>durchschnittliche</u> Messzeit	für die <u>maximale</u> Messzeit	
Erla	äuterungen & Bemerkungen & Hinweise zu vo	orstehenden Fragen:	





#### Anforderungen an Teststandorte

Im folgenden Abschnitt sollen die Anforderungen an einen Teststandort bezogen auf die Kriterien, die zur Auswahl eines Teststandortes führen, ermittelt werden.

T2-1 vorausgesetzt)?   Kriterium   sehr wichtig   wichtig   weniger wichtig     Windgeschwindigkeitsbedingungen   O O O O O O O O O O O O O O O O O O	Messung	sehr wid	chtig	wichtig	we	eniger wich
Basistest  Netzverträglichkeit  Spannungseinbruchstest (FRT-Test)  Schallemissionsmessung  Netzverträglichkeit  Spannungseinbruchstest (FRT-Test)  Schallemissionsmessung  Netzverträglichkeit  Spannungseinbruchstest (FRT-Test)  Schallemissionsmessung  Netzverträglichkeit  Spannungseinbruchstest (FRT-Test)  Schallemissionsmessung  Netzverträglichkeit  Netzverträglic	Leistungskurve	0	0	0	0	0
Netzverträglichkeit  Spannungseinbruchstest (FRT-Test)  Schallemissionsmessung  OOOOO  . <u>Wie</u> wichtig sind Ihnen folgende Kriterien für einen Teststandort? (Konformität nach IEC 614 12-1 vorausgesetzt)?  Kriterium  Sehr wichtig  Windgeschwindigkeitsbedingungen  Flexibilität des Standortes bzgl.  Gesamtbauhöhe, Rotordurchmesser, u.ä.  Nähe zum Unternehmen  Straßenseitige Erschließung  Stromnetzseitige Erschließung  OOOOO  Wie groß sollte Ihrer Ansicht nach der Auswertesektor einer Leistungskurven- bzw. Belastun messung in Hauptwindrichtung mindestens sein?  Mindestgröße in Grad	Beanspruchung / Lasten	0	0	0	0	0
Spannungseinbruchstest (FRT-Test)  Schallemissionsmessung  OOOOO  . Wie wichtig sind Ihnen folgende Kriterien für einen Teststandort? (Konformität nach IEC 614 12-1 vorausgesetzt)?  Kriterium  Sehr wichtig wichtig weniger wichtig Windgeschwindigkeitsbedingungen  Flexibilität des Standortes bzgl.  Gesamtbauhöhe, Rotordurchmesser, u.ä.  Nähe zum Unternehmen  Straßenseitige Erschließung  Stromnetzseitige Erschließung  OOOOO  Stromnetzseitige Erschließung  Wie groß sollte Ihrer Ansicht nach der Auswertesektor einer Leistungskurven- bzw. Belastun messung in Hauptwindrichtung mindestens sein?  Mindestgröße in Grad	Basistest	0	0	0	0	0
Schallemissionsmessung  OOOOOO  . Wie wichtig sind Ihnen folgende Kriterien für einen Teststandort? (Konformität nach IEC 614 12-1 vorausgesetzt)?  Kriterium sehr wichtig wichtig weniger wichtig Windgeschwindigkeitsbedingungen Flexibilität des Standortes bzgl. Gesamtbauhöhe, Rotordurchmesser, u.ä. Nähe zum Unternehmen OOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOO	Netzverträglichkeit	0	0	0	0	0
Wie wichtig sind Ihnen folgende Kriterien für einen Teststandort? (Konformität nach IEC 614 12-1 vorausgesetzt)?         Kriterium       sehr wichtig       wichtig       weniger wichtig         Windgeschwindigkeitsbedingungen       ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○       ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○         Flexibilität des Standortes bzgl.       ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○       ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Spannungseinbruchstest (FRT-Test)	0	0	0	0	0
Wie wichtig sind Ihnen folgende Kriterien für einen Teststandort? (Konformität nach IEC 614 12-1 vorausgesetzt)?    Kriterium	Schallemissionsmessung	0	0	0	0	0
T2-1 vorausgesetzt)?   Kriterium   sehr wichtig   wichtig   weniger wichtig     Windgeschwindigkeitsbedingungen   O O O O O O O O O O O O O O O O O O			0	0	0	0
Windgeschwindigkeitsbedingungen  Flexibilität des Standortes bzgl. Gesamtbauhöhe, Rotordurchmesser, u.ä.  Nähe zum Unternehmen  Straßenseitige Erschließung  Stromnetzseitige Erschließung  OOOOOO  Stromnetzseitige Erschließung  OOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOO	12-1 vorausgesetzt)?			·		
Flexibilität des Standortes bzgl. Gesamtbauhöhe, Rotordurchmesser, u.ä.  Nähe zum Unternehmen  Straßenseitige Erschließung  Stromnetzseitige Erschließung  OOOOOO  Stromnetzseitige Erschließung  OOOOOOO  Stromnetzseitige Erschließung  OOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOO		sehr wid	chtig	wichtig	we	niger wich
Gesamtbauhöhe, Rotordurchmesser, u.ä.  Nähe zum Unternehmen  Straßenseitige Erschließung  Stromnetzseitige Erschließung  OOOOOO  Stromnetzseitige Erschließung  OOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOO		0	0	0	0	0
Gesamtbauhöhe, Rotordurchmesser, u.ä.  Nähe zum Unternehmen  Straßenseitige Erschließung  Stromnetzseitige Erschließung  OOOOOO  Stromnetzseitige Erschließung  OOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOO	_	0	0	0	0	0
Straßenseitige Erschließung Stromnetzseitige Erschließung OOOOOO Stromnetzseitige Erschließung OOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOO			$\circ$	$\circ$	$\circ$	
Stromnetzseitige Erschließung  OOOOO  Stromnetzseitige Erschließung OOOOOOO  Stromnetzseitige Erschließung OOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOO		_				_
5. Wie groß sollte Ihrer Ansicht nach der Auswertesektor einer Leistungskurven- bzw. Belastunmessung in Hauptwindrichtung mindestens sein?  Mindestgröße in Grad		0	0	0	0	0
5. Wie groß sollte Ihrer Ansicht nach der Auswertesektor einer Leistungskurven- bzw. Belastungessung in Hauptwindrichtung mindestens sein?  Mindestgröße in Grad	Stromnetzseitige Erschließung	_ 0	0	0	0	0
5. Wie groß sollte Ihrer Ansicht nach der Auswertesektor einer Leistungskurven- bzw. Belastungessung in Hauptwindrichtung mindestens sein?  Mindestgröße in Grad		$=$ $\circ$	0	0	0	0
messung in Hauptwindrichtung mindestens sein?  Mindestgröße in Grad						
Mindestgröße in Grad			einer Le	istungsku	rven- bz	zw. Belastu
rläuterungen & Bemerkungen & Hinweise zu vorstehenden Fragen:						
läuterungen & Bemerkungen & Hinweise zu vorstehenden Fragen:	messung in Hauptwindrichtung mindes					
	messung in Hauptwindrichtung mindes					
	messung in Hauptwindrichtung mindes  Mindestgröße in Grad		ı Fragen	:		
	messung in Hauptwindrichtung mindes Mindestgröße in Grad		ı Fragen	:		





#### Standorttypen und Nutzungkonzepte für Teststandorte und -felder

Konzepte zu Verwaltung und Betrieb von Teststandorten bzw. -feldern sind zwar nicht Gegenstand der Raumordnungsplanung, sind aber dennoch ein entscheidender Faktor zur effektiven Nutzung bereitgestellter Flächen. Nachfolgend sollen hierzu Ihre Erfahrungen, Bedürfnisse und Meinungen erfasst werden.

16. Auf welchen Standorttypen nach Regionen/Ländern wurden von Ihrem Unternehmen in den letzten 10 Jahren wie viele WEA-Prototypen errichtet?

	Standorttyp	Anzahl der WEA- Prototypen	davon in Region/Land
a)	Standorte in einem festgeleg- ten Eignungs- oder Vorrangge- biet für Windenergieanlagen		Planungsregion Rostock  Mecklenburg-Vorpommern  Deutschland  außerhalb Deutschlands
b)	Standorte außerhalb festgeleg- ten Eignungs- oder Vorrangge- biet für Windenergieanlagen, Sonderregelung für Prototypen		Planungsregion Rostock  Mecklenburg-Vorpommern  Deutschland  außerhalb Deutschlands
c)	Standorte auf einem Testfeld		Planungsregion Rostock  Mecklenburg-Vorpommern  Deutschland  außerhalb Deutschlands
d)			Planungsregion Rostock  Mecklenburg-Vorpommern  Deutschland  außerhalb Deutschlands





## 17. Wie hat Ihr Unternehmen in den letzten 10 Jahren Teststandorte für Ihre Prototypen ausgewählt und gesichert?

	Auswahl / Sicherung von Teststandorte	Anzahl der Prototypen
	Eigene Standortakquise und Projektplanung	
	Standortakquise und Projektplanung durch eine beauf Fremdfirma	ftragte
	Nutzung von Standorten, die durch einen Projektentwangeboten wurden	ickler
	Nutzung eines Testfeldstandortes	
	Sonstiges	
	Sonstiges	
18.	Nach wie vielen Jahren musste an von Ihnen genigebieten und auf Testfeldern zurückgebaut werde	
	Teststandorten außerhalb von Eignungsgebieten	
	Minimaler Zeitraum (Jahre)	Maximaler Zeitraum (Jahre)
	Teststandorten auf Testfeldern	
	Minimaler Zeitraum (Jahre)	Maximaler Zeitraum (Jahre)
19	Gab es für genutzte Teststandorte/-felder besc	
. J.	positiv oder negativ bewerten würden?	ondere Bedingungen/Konditionen, die Sie als
. J.		negativ





#### 20. Welche Betreibermodelle haben Sie in den letzten 10 Jahren für Ihre Prototypen gewählt?

					·	
	Betreibermodelle			Anzahl der	Prototyp	en
	Prototypen wurden/werden bis zum Ende der Nutzu selbst betrieben	ıngszeit				
	Prototypen wurden/werden nach Abschluss der Ver und Erprobung an eine fremde Betreibergesellschaft.					
	Prototypen wurden durch eine fremde Betreiberges errichtet und werden durch diese betrieben	ellschaft				
	Prototypen wurden temporär auf einem Testfeld auf anschließend wieder zurückgebaut	fgebaut und				
	Sonstiges					
	Sonstiges					
Typ dur etc nut	chfolgend soll zwischen zwei wesentlichen Nutzun benzertifizierung) unterschieden werden. Zum einen ch Hersteller- bzw. entwicklerneutrale Gesellschafte .) zur Verfügung stellen. Zum anderen können He zen, die sie in Eigenverwaltung betreiben.  Wie bewerten Sie die Nutzungskonzepte?	kann es Fläch en und eine In	en gel frastru	ben, die frem ktur (Netzan	ndverwalt ischluss,	et sind, d.h. Messmaste
	Nutzungskonzepte	positiv		neutral		negativ
	Fremdverwaltung	0		0		0
	Eigenverwaltung	0		0		0
22.	Wie wichtig sind Ihnen folgende Kriterien für fre	emdverwaltete	Tests	standorte/-fo	elder?	
	Kriterien	sehr wichtig	j	wichtig	weni	ger wichtig
	Nutzung vorhandener messtechnischer Infrastruktur (Messmaste, -technik, Personal u.ä.)	0	0	0	0	0
	keine Fremd-WEAs am Standort	0	0	0	0	0
	kostendeckende, wirtschaftliche Rückbaubedingungen	0	0	0	0	0
	geringe Standortmiete	0	0	0	0	0
	Beteiligung an der Einspeisevergütung	0	0	0	0	0
	Flexibilität des Standortes bzgl. Gesamtbauhöhe, Rotordurchmesser, u.ä.	0	0	0	0	0
	Durchführung des Baugenehmigungsverfahrens durch die Teststandort/-feld-Verwaltung	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0





23.	Wie viele Jahre müsste Ihrer Auffassung na Teststandort/-feld aus betriebswirtschaftlicher			/p an einer	n fremd	verwalteten
	Minimum (Anzahl der Jahre)					
24.	Würden Sie einen fremdverwalteten Teststa 5 Jahren nutzen?	ındort/-feld mit	eine	ır Rückbau	verpflich	htung nach
	Ja O	Nein O				
	(bei "Ja" weiter mit Frage 26).	(bei "Nein" we	eiter m	nit Frage 25)	).	
25.	Eine wievieljährige Rückbauverpflichtung würd	den Sie aus heı	ıtiger	Sicht einge	∍hen:	
	Anzahl der Jahre					
26.	<u>Wie</u> wichtig sind Ihnen folgende Kriterien für <u>e</u>	<u>igenverwaltete</u>	Tests	standorte/-fe	elder?	
	Kriterien	sehr wichtig	Į	wichtig	wer	niger wichtig
	Flexible Rückbaubedingungen	0	0	0	0	0
	Kostendeckende Rückbaubedingungen	0	0	0	0	0
	Verkürzte Genehmigungsverfahren zum Umbau	0	0	0	0	0
	Flexibilität des Standortes bzgl. Gesamtbauhöhe, Rotordurchmesser, u.ä.	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0
27.	Was würden Sie zur Nutzung des Grundstüd bevorzugen?	cks eines eige	nverw	valteten Te	ststando	ortes/-feldes
	Kriterien					
	Flächenkauf					
	Flächenpacht					
<b>⊏</b> !:	"t	-4-bandon Evon				
Eria	äuterungen & Bemerkungen & Hinweise zu vors	stenenden Frag	en: 			





#### **WEA Forschung und Entwicklung**

Neben Teststandorten für die Typenzertifizierung, soll auch der Bedarf an Standorten für Forschung- und Entwicklung erfragt werden. Auf solch en Flächen können WEA-Hersteller und -Entwickler ihre WEA und Komponenten bzw. neue Systemlösungen unabhängig von Zertifizierungsverfahren testen und weiterentwickeln. Diese Standorte sollen auch die Möglichkeit von Forschungsvorhaben mit Dritten (z.B. Universitäten, Lieferanten, Kooperationspartnern) eröffnen.

28.	Wie viele Standorte waren/werden <u>durchsch</u> sein?	nittlich	<u>f</u> ür F	/E-Vorh	aben erfor	derlich	erforderlich/
	Anzahl der Standorte in den <u>letzten</u> 10 Jahren		in c	len <u>kom</u> ı	menden 10	Jahren	
29.	In welchen Bereichen sehen Sie in den komme	enden .	lahren	F/E-Bed	larf?		
	F/E-Bereiche bzwthemen						
30.	<u>Wie</u> wichtig sind Ihnen folgende Kriterien für F	/E-Stai	ndorte	?			
	Kriterien	seh	r wicht	ig	wichtig	we	niger wichtig
	Windgeschwindigkeitsbedingungen		0	0	0	0	0
	Flexibilität des Standortes bzgl. Gesamtbauhöhe, Rotordurchmesser, u.ä.		0	0	0	0	0
	Nähe zum Unternehmen		0	0	0	0	0
	Straßenseitige Erschließung		0	0	0	0	0
	Netzseitige Erschließung		0	0	0	0	0
	Flexible Rückbaubedingungen		0	0	0	0	0
	Verkürzte Genehmigungsverfahren zum Umbau		0	0	0	0	0
	Eigenverwaltung		0	0	0	0	0
	Keine Fremd-WEAs am Standort		0	0	0	0	0
	Standortkonformität zu IEC 61400-12-1		0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0
31.	Wird ein Bedarf an Forschungsstandorten von Sie herangetragen?	n Ihren	Liefera	anten ba	zw. Kompo	nentenl	nersteller an
	häufig O selten	0			ga	r nicht	0





re Forso	า Bedarf an Forscl chungseinrichtunç	hungsstandorten vo gen an Sie herangeti	n Universitäten, ragen?	Hoch- und Fachschule	n bzw. a
häufig	0	selten	0	gar nicht	0
äuterung	jen & Bemerkunge	en & Hinweise zu vo	rstehenden Frage	en:	
nerelle	Erläuterungen	& Bemerkunger	. & Hinweise z	um Fragenbogen:	

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit und Unterstützung