



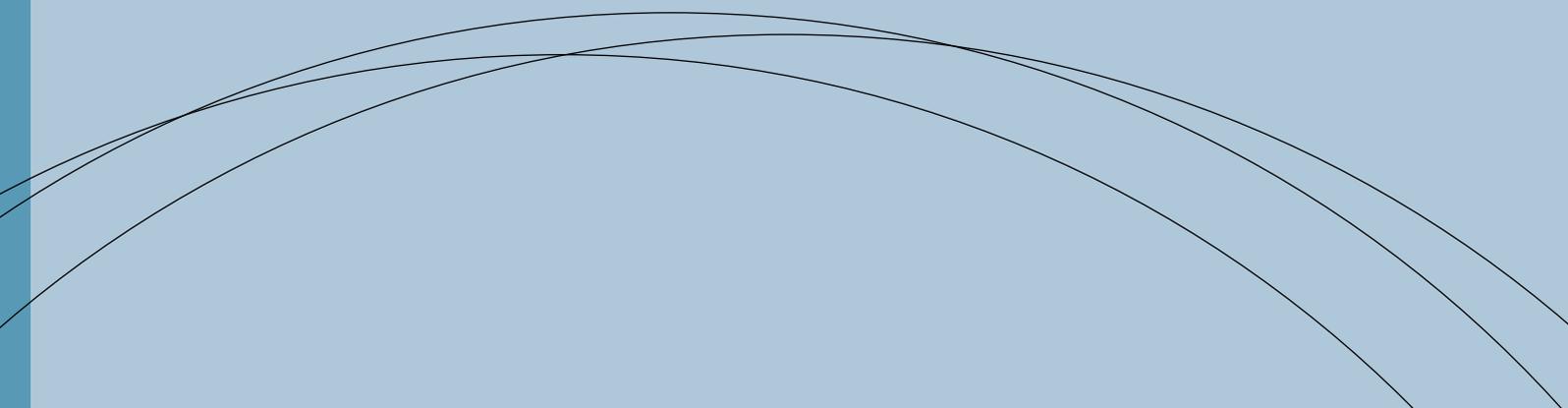
---

# **Qualitätssicherung im Sektor der Kleinwindenergieanlagen**

---

Bildung von Kategorien / Anforderungen an technische Angaben

---



---

# Impressum

**Herausgeber:** Bundesverband WindEnergie e.V.  
Marienstr. 19/20  
10117 Berlin  
E-Mail: [info@wind-energie.de](mailto:info@wind-energie.de)  
Internet: [www.wind-energie.de](http://www.wind-energie.de)

**Bearbeitung:** Prof. Dr. Jochen Twele  
S. Burkam, O. Schömann, C. Witt  
Reiner Lemoine Institut

**Stand:** Februar 2011

**Gestaltung:** bigbenreklamebuereau gmbh

**Abbildung:** Copyright Jens Meier

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	4
<b>2. Grundlage zur Definition von Kategorien für Kleinwindenergieanlagen (KWEA)</b>	4
<b>3. Herleitung und Begründung der Kategorien</b>	5
3.1 Kriterien zur Bildung von Kategorien	5
3.2 Generelle Anwendungsgebiete	5
Abgrenzung des Leistungssegments entsprechend Anwendungsgebiet A und B	6
Abgrenzung des Leistungssegments entsprechend Anwendungsgebiet C	6
Abgrenzung des Leistungssegments entsprechend Anwendungsgebiet D	9
Abgrenzung des Leistungssegments entsprechend Anwendungsgebiet E	9
3.3 Namensgebung	10
3.3.1 Grundlagen	10
3.3.2 Leistungsbereich 0 bis 1,5 kW	11
3.3.3 Leistungsbereich 1,5 bis 5 kW	11
3.3.4 Leistungsbereich 5 bis 30 kW	12
3.3.5 Leistungsbereich 30 bis 100 kW	12
3.4 Zusammenfassung	13
3.5 Vereinfachung zur Gesamtbetrachtung	13
<b>4. Vorschlag zu Anforderungen an technische Angaben</b>	14
4.1 Bauarten von KWEA	14
4.2 Existierende Standards	15
4.3 Angaben zur Leistung und zu Leistungsbeiwerten	16
4.4 Angaben zum Energieertrag	17
4.5 Angaben zur Lärmemission	18
4.6 Angaben zur geometrischen Anlagengröße	20
4.7 Sonstige Angaben zu Betriebseigenschaften	21
<b>5. Ausblick</b>	22
<b>6. Literaturverzeichnis</b>	22

---

# Abkürzungsverzeichnis

<b>AC</b>	Wechselstrom
<b>AWEA</b>	American Wind Energy Association
<b>BauNVO</b>	Baunutzungsverordnung
<b>BDEW</b>	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
<b>BWE</b>	Bundesverband WindEnergie e.V.
<b>BWEA</b>	British Wind Energy Association
<b>DC</b>	Gleichstrom
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung
<b>EEG</b>	Erneuerbare-Energien-Gesetz
<b>EWEA</b>	European Wind Energy Association
<b>HTW Berlin</b>	Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission
<b>IWES</b>	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik
<b>KWEA</b>	Kleinwindenergieanlage
<b>RLI</b>	Reiner Lemoine Institut gGmbH
<b>SDLWindV</b>	Verordnung für Systemdienstleistungen durch Windenergieanlagen
<b>SWCC</b>	Small Wind Certification Council
<b>TA Lärm</b>	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
<b>UK</b>	United Kingdom
<b>WEA</b>	Windenergieanlage

# 1. Einleitung

Dem Markt für Kleinwindanlagen (KWEA) wird ein großes Potenzial nachgesagt. In letzter Zeit erfährt dieser Markt eine steigende Aufmerksamkeit seitens Herstellern, Kunden, Verbänden und Politik. Der Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE) hat daher das Reiner Lemoine Institut gGmbH (RLI) beauftragt, Vorschläge zur Sicherung der Qualität im Rahmen von Angaben technischer Daten der KWEA sowie zur Kategorisierung von KWEA zur Verbesserung und Vereinheitlichung der allgemeinen Diskussion um KWEA zu erarbeiten. Die Ergebnisse der Recherchen des RLI sind in der vorliegenden Studie zusammengefasst.

# 2. Grundlage zur Definition von Kategorien für Kleinwindenergieanlagen (KWEA)

Der folgende Vorschlag fasst die Ergebnisse der Recherchen und die abgeleiteten Schlussfolgerungen zusammen und soll zur Vereinheitlichung der Diskussion beitragen. Die vorgeschlagenen Bezeichnungen sollen den Sprachgebrauch in der Branche regeln und als Orientierungshilfe für Anwender dienen. Die Vereinfachungen auf drei Leistungsklassen bilden in der rechten Spalte die Kategorien ab, die insbesondere bei fachfremden Diskussionen für bessere Verständlichkeit sorgen.

TABELLE 1:  
Vorschlag Leistungskategorien nach Anwendungsgebieten

Einsatzgebiet der Kleinwindanlage	Spannung	Nennleistung	Vereinfachung für Gesamtbetrachtung
A Batteriegestütztes Inselsystem	12/24/48 V DC	0 – 1,5 kW	Leistungsklasse 1 Mikrowindenergieanlagen
B Anlage auch netzgekoppelt	230 V AC		
C Gebäudeintegrierte Installation	230 V AC		
Freie Aufstellung	230 V AC		
D Gewerbegebiete, Landwirtschaft	400 V AC	5 – 30 kW	Leistungsklasse 2 Miniwindenergieanlagen
E Gewerbegebiete, Landwirtschaft	20 kV AC	30 – 100 kW	Leistungsklasse 3 Mittelwindenergieanlagen

---

## 3. Herleitung und Begründung der Kategorien

### 3.1 Kriterien zur Bildung von Kategorien

Um das sehr breite Spektrum der auf dem deutschen Markt angebotenen Kleinwindenergieanlagen (KWEA) in besser vergleichbare Untergruppen zu unterteilen, gibt es verschiedene mögliche Kriterien. Allgemein handelt es sich bei den hier betrachteten KWEA um Windenergieanlagen mit elektrischen Generatoren, die maßgeblich durch die maximal abgegebene elektrische Leistung verschiedenen Anwendungsbereichen zugeordnet werden können. Da auch die sonstigen maßgeblichen elektrischen Systemkomponenten nach der Maximalleistung dimensioniert werden müssen, erscheint diese als am besten geeignetes Kriterium zur Einteilung der Untergruppen. Des Weiteren ist mit der elektrischen Leistung eine technische Angabe gefunden, die auch von den meisten Anwendern leicht in Relation zu sonstigen elektrischen Anlagen gebracht werden kann. Andere mögliche Kriterien wie Rotordurchmesser oder überstrichene Fläche stellen sich dagegen für die meisten Anwender als nur schwer vergleichbar dar. Manchmal wird auch die Spannung des betrachteten Systems als Kriterium für die Kategorisierung verwendet. Im Gegensatz zur Nennleistung der Anlagen korrelieren Systemspannung und überstrichene Fläche aber nicht direkt mit dem erbrachten Ertrag, der für die meisten Anwendungen ein entscheidendes Kriterium darstellt.

---

### 3.2 Generelle Anwendungsgebiete

Die Anwendungsgebiete sind in fünf maßgebliche Kategorien zu unterteilen:

#### **A Einspeisung in batteriegestütztes Inselsystem**

- Elektrische Energie wird als Gleichspannung genutzt
- Anpassung des Verbrauchs an Erzeugung geschieht durch Batteriepuffer
- Anwendungen z. B.: Camping, Kleingarten, Segelboote

#### **B Einspeisung in dezentralen Anwendungen oder Stadtgebiet**

- Elektrische Energie wird über Wechselrichter gespeist
- Nicht direkt verbrauchte Energie wird einphasig in das Niederspannungsnetz eingespeist (230 V/AC)
- Dachintegration oder dezentrale Anwendungen, z. B. als Kleingartenanlagen
- Meist sehr kleine Anlagen, Statik muss nicht gesondert geprüft werden

#### **C Einspeisung in Energieversorgungsnetz in Wohngebieten**

- Elektrische Energie wird als Wechselspannung genutzt
- Nicht direkt verbrauchte Energie wird in das Niederspannungsnetz eingespeist, eventuell nur einphasig
- Strenge Vorgaben an Schallemission und Bauhöhe
- Aufstellung im freien Gelände oder gebäudeintegriert
- Anwendungen z. B.: Anlage in Wohngebieten, Installation im Garten oder gebäudeintegriert

#### **D Einspeisung in Energieversorgungsnetz außerhalb städtischer Bebauung**

- Elektrische Energie wird als Wechselspannung genutzt
- Nicht direkt verbrauchte Energie wird in das Niederspannungsnetz eingespeist, ein- oder dreiphasig (230 V oder 400 V/AC)
- Anlagengröße für Gebäudeintegration ungeeignet
- Anwendungen z. B.: Anlage in Nichtwohngebieten, Installation im landwirtschaftlichen Bereich, Nebenanlage nach § 14 I oder § 14 II BauNVO bei Gewerbebetrieb

#### **E Einspeisung in Energieversorgungsnetz**

- Elektrische Energie wird als Wechselspannung genutzt
- Einspeisung auf Mittelspannungsebene (20 kV) oder dreiphasig im Niederspannungsnetz
- Weiterreichende Genehmigungs- und Anschlussanforderungen, z. B. Technische Richtlinie Erzeugungsanlagen im Mittelspannungsnetz

Entsprechend der maßgeblichen Anwendungen können Leistungsklassen definiert werden, die den einzelnen Anwendungen zugeordnet werden können.

---

## Abgrenzung des Leistungssegments entsprechend Anwendungsgebiet A und B

Für den Anwendungsbereich A sind meist Batteriesysteme bis zu einer Spannung von 48 V (DC) eingesetzt. Höhere Batteriespannungen finden in der Praxis kaum Anwendung, wodurch das Leistungsspektrum durch sehr hohe Ladeströme und damit überproportional ansteigende Verluste nach oben begrenzt wird.

Durch Marktuntersuchungen der American Wind Energy Association (AWEA) wurde gezeigt, dass im Leistungsspektrum bis 0,9 kW (1 kW) Nennleistung praktisch alle Anlagen in Inselsystemen installiert werden. Im darüber liegenden Leistungsspektrum zwischen 1 kW und 10 kW werden dagegen nur noch rund 10 % der Anlagen ohne Netzanbindung installiert (AWEA Small Wind Turbine Global Market Study, 2009).

Marktdaten aus Großbritannien lassen Aussagen über Anlagen bis zu einer Nennleistung von 1,5 kW zu. Beispielsweise gibt der Britische Windenergieverband (BWEA) die kumulierte Anzahl der installierten KWEA in Großbritannien für 2009 mit 13.915 an, wobei davon 11.402 Anlagen eine Leistung bis 1,5 kW haben. Parallel wird aber angegeben, dass unter allen installierten Anlagen für 2009 nur 8.770 im Inselbetrieb betrieben wurden. Damit muss auch im Leistungssegment bis 1,5 kW ein deutlicher Anteil der Anlagen netzgebunden betrieben werden (Small Wind Market Report, 2010).

Beide Aussagen lassen kombiniert den Schluss zu, dass sich die exakteste Trennung der Anwendungen Inselsystem und Netzanbindung anhand der Leistung im Bereich zwischen 1 und 1,5 kW durchführen ließe. Eine absolut eindeutige Trennung der Anwendungsgebiete A und B allein anhand einer spezifischen Leistung kann es nicht geben, weshalb an dieser Stelle zwar die Anwendungen zu unterscheiden sind, aber in eine einheitliche Leistungskategorie eingeordnet werden sollen.

Zur Abgrenzung der Leistungsklasse kann eine Orientierung an Kategorisierungen in anderen Nationen sinnvoll sein. Durch die geografische Nähe und Verbundenheit durch die EU sollte insbesondere Großbritannien ein wichtiger Orientierungspunkt sein. Bereits 2009 zählte Großbritannien mit Kanada und den USA zu den drei weltweit größten Märkten für KWEA (AWEA, Small Wind Turbine Global Market Study, 2009). Durch die im April 2010 in Großbritannien eingeführte Vergütung für Strom aus KWEA kann von einer weiter zunehmenden Bedeutung dieses Marktes ausgegangen werden. Dabei ist es gut vorstellbar, dass sich der Markt auch entsprechend der definierten Vergütungssätze stärker in einzelne Kategorien diversifizieren wird.

Für die Festlegung der Vergütung in Großbritannien geschieht eine Trennung der Vergütungsstufen bei 1,5 kW, wobei der Vergütungssatz oberhalb dieser Schwelle um rund ein Viertel gegenüber dem darunter gezahlten Betrag reduziert ist (Generate your own power, 2010). Vermutlich wird diese Festlegung damit auch Auswirkungen auf die angebotenen Modelle haben und zu einem vermehrten Angebot knapp unter 1,5 kW führen. Orientiert an dieser möglichen Entwicklung und im Sinne einer europaweit möglichst einheitlichen Kategorisierung erscheint damit die Trennung der Segmente bei 1,5 kW Nennleistung als sinnvoll.

---

## Abgrenzung des Leistungssegments entsprechend Anwendungsgebiet C

Innerhalb der Anwendung der netzgebundenen KWEA gibt es verschiedene Leistungsstufen, die beim Netzanschluss zu unterschiedlichen Behandlungen führen. So können Anlagen im Bereich des Niederspannungsnetzes (230 V/400 V) als Eigenenergieanlagen mit einer elektrischen Nennscheinleistung bis 4,6 kVA einphasig (230 V) angeschlossen werden. Ab einer Leistung von 4,6 kVA müssen Anlagen im Niederspannungsnetz dreiphasig (400 V), also in Form von Drehstrom, einspeisen. Speziell für Photovoltaikanlagen wird dieser Wert von 4,6 kVA genauer auf 5 kWp spezifiziert. Kurzzeitig werden auch Einspeiseleistungen knapp über dem Wert der Nennscheinleistung akzeptiert (Eigenenergieanlagen am Niederspannungsnetz, 2005). Da Nennlei-

stung des Generators und Anschlussleistung nicht zwingend exakt übereinstimmen, kann die maximale Nennleistung nicht exakt bestimmt werden. Im Folgenden soll somit von einer einphasig anschlussfähigen Nennleistung von maximal 5 kW ausgegangen werden.

Elektrische Eigenerzeugungsanlagen über 30 kVA können meist nicht mehr über einen üblichen Grundstücksanschluss angeschlossen werden, sondern es sollten auch sonstige Optionen für den Netzanschluss untersucht werden. Das EEG beschreibt nur bis zu einer Leistung von 30 kW den Haus- bzw. Grundstücksanschluss als wirtschaftlichste Variante (EEG09, 2008).

Es ergeben sich somit bereits drei Leistungskategorien innerhalb der für den Netzanschluss zu betrachtenden KWEA:

- 1,5 kW – 5 kW, zum einphasigen Anschluss an das Niederspannungsnetz (230 V)
- 5 kW – 30 kW, zum dreiphasigen Anschluss an das Niederspannungsnetz (400 V)
- Über 30 kW, zum dreiphasigen Anschluss an das Niederspannungsnetz (400 V) oder zum Anschluss an das Mittelspannungsnetz (20 kV)

Somit bestehen zwar jeweils wesentliche technische Änderungen bei der Ausführung des Netzanschlusses, für den privaten Anwender ist aber der Unterschied zwischen ein- und dreiphasigem Anschluss eher marginal. Da der Netzanschluss auch im einphasigen Fall nur von entsprechend befugtem Fachpersonal vorgenommen werden darf, stellt sich der Unterschied vor allem in der Art des einspeisenden Stromrichters dar. Angesichts des sehr weiten Spektrums zwischen 1,5 und 30 kW und den damit stark verschiedenen Anforderungen an z. B. Befestigung und Lärmschutz erscheint eine Teilung in zwei Kategorien aber dennoch sinnvoll.

In diesem Bereich verwenden der Britische, Amerikanische und Europäische Windenergieverband jeweils unterschiedliche Einteilungen in Leistungsstufen. In Großbritannien wird die nächste Vergütungsstufe bei 15 kW angesetzt, der Amerikanische Windenergieverband verwendet 10 kW als Kriterium (AWEA, 2010) und der europäische Windenergieverband (EWEA) unterscheidet ober- und unterhalb 7 kW (EWEA, 2009).

Der Amerikanische Windenergieverband (AWEA) begründet die Trennung bei 10 kW mit der Zuordnung zum Markt der Heimanwender. Auch der britische Windenergieverband (BWEA) teilt die Kategorien bei Erstellung der ausführlichen Marktübersichten bei 10 kW, begründet dies allerdings nicht weiter. Die Kategorisierung anhand der 7 kW wird von der EWEA in Bezug auf die erste Edition der IEC 61400, in der scheinbar eine Trennung anhand der Rotorfläche von 40 m<sup>2</sup> vorgenommen wurde, getroffen (windfacts.eu). Da diese Rotorfläche aber nicht direkt in eine äquivalente Leistung umgerechnet werden kann, ist diese Trennung recht unscharf.

Inbesondere der Amerikanische Windenergieverband setzt für die Zuordnung der 10-kW-Anlagen zum Heimanwenderbereich voraus, dass es sich um recht große Grundstücke handelt. In einer Abschätzung zum Marktpotenzial werden nur Häuser mit Grundstücksgrößen über einem halben Acre beachtet (AWEA Small Wind Turbine Global Market Study, 2009). Dies entspricht einer Fläche von etwas mehr als 2.000 m<sup>2</sup>.

Für den deutschen Markt dürften solche Grundstücke aber deutlich die Ausnahme bilden. Stattdessen ermittelte die DEKRA Real Estate Expertise GmbH in einer Auswertung immobilienwirtschaftlicher Daten, dass in Deutschland die durchschnittliche Grundstücksgröße bei Einfamilienhäusern nur bei 846,42 m<sup>2</sup> (DEKRA-Bericht, 2009) liegt. Dabei waren im Osten Deutschlands mit rund 1.025 m<sup>2</sup> die Grundstücke zwar etwas größer, beide Daten zeigen aber deutlich, dass in Deutschland eher von kleineren Grundstücken ausgegangen werden muss.

Betrachtet man umgekehrt KWEA mit 10 kW Leistung, zeigen sich übliche Turmhöhen von ungefähr 20 m (C. Witt, 2010). Geht man von dem Turmkonzept eines abgespannten Mastes aus, kann man ungefähr die nötige Fläche abschätzen. Bei angenommenen 10 m Abstand der jeweiligen Abspannvorrichtungen im Boden und Abspannungen in vier Richtungen muss eine Fläche von 20 m mal 20 m, also 400 m<sup>2</sup> bereitgehalten werden. Diese Fläche ist zwar nicht vollständig blockiert, wird aber mindestens benötigt. Eine solche Installation erscheint in Relation zur durchschnittlichen Grundstücksgröße nur in Ausnahmefällen realistisch.

Anders könnte es jedoch bei nicht abgespannten Türmen mit Fundament aussehen. Der dauerhafte Platzbedarf dürfte dabei deutlich geringer sein, jedoch ist für die Installation der Zugang mit schwerem Gerät notwendig.

Beide Szenarien erscheinen auf üblichen bebauten Grundstücken zwar unwahrscheinlich, schließen 10-kW-Anlagen für den Heimanwenderbereich jedoch auch nicht als unmöglich aus. Da die Anwendungssituationen auch bei Heimanwendern über einen sehr weiten Bereich variieren können, ist eine Abgrenzung aus der Anwendersituation nur sehr unscharf gegeben.

Insbesondere bei Bezug auf gebäudeintegrierte Lösungen und Dachinstallationen ist jedoch die Größe ein entscheidendes Kriterium und gibt mögliche Abgrenzungen vor. Im Rahmen der Bachelorarbeit zum Thema „Dachintegration kleiner Windkraftanlagen auf Berliner Dächern“ von R. Schulz wurden die entstehenden Kräfte bei einer Dachintegration berechnet. Unter der Annahme einer Aufständigung auf zwei am Dach befestigten Trägern mit 6 m Länge, einer Turmhöhe von 7 m und einer maximalen Dachlast von 2.500 N/m<sup>2</sup> war maximal ein Rotordurchmesser von knapp unter 4 m akzeptabel (J. Twele, 2009). Dies entspricht bei üblichen flächenspezifischen Leistungen einer Anlagenleistung von 4 bis 5 kW.

Wesentlich größere Anlagen machen auch aus Gründen der Anströmung auf bebauten Grundstücken nur in Einzelfällen Sinn. In einer Anwenderbroschüre des US-Energieministeriums wird empfohlen, dass sich der Rotor eines Kleinwindrads hinter einem Hindernis, wie beispielsweise einem Haus, mindestens in der doppelten Höhe des Hindernisses befinden sollte (Small Wind Electric Systems, A U.S. Consumer's Guide, August 2007) Auf dem Markt angebotene Anlagen mit 10 kW Nennleistung verfügen über einen Rotordurchmesser von mindestens 7 m (Datensammlung Kleinwindanlagen, 2010).

Mit der doppelten Bauhöhe eines Hauses und den anschließenden 7 m Rotordurchmesser werden Höhen erreicht, wie sie auf einem durchschnittlichen Grundstück neben der üblichen Bebauung als nur in Einzelfällen realisierbar eingestuft werden müssen. Sowohl die Gebäudeintegration als auch die freie, aber gebäudenaher Aufstellung von Anlagen mit einer Nennleistung von 10 kW muss so für den Heimanwenderbereich als unwahrscheinlich angenommen werden. Eine Abstufung der Leistungsklassen sollte bei einer geringeren Nennleistung geschehen.

Um sich insgesamt an bestehenden Grenzen zu orientieren und wegen der Möglichkeit zur Dachintegration erscheint eine Abgrenzung bei 5 kW als sinnvoll. Es ergibt sich somit eine Verbindung zum Netzanschluss, der nur bis 5 kW einphasig erfolgen kann. Innerhalb dieses Leistungssegments bis 5 kW sind jedoch insbesondere in Bezug auf die Installation deutliche Unterschiede wahrzunehmen. Es sollte vor allem zwischen Aufstellung im freien Gelände und gebäudeintegrierter Installation unterschieden werden. Da beide Bereiche in Bezug auf die Leistung der installierten Anlagen nicht voneinander zu trennen sind, ist das einheitliche Leistungssegment vorteilhaft. Bei Betrachtung von genehmigungsrechtlichen Fragen und Anforderungen an die technischen Daten vonseiten der Hersteller sind diese Anwendungen jedoch deutlich zu unterscheiden.

---

## Abgrenzung des Leistungssegments entsprechend Anwendungsgebiet D

Die nächste Abstufung bei Betrachtung des Netzanschlusses ergibt sich bei 30 kW. Ab 30 kW beziehungsweise 30 kVA sind beim Anschluss an das Versorgungsnetz deutlich erweiterte Kriterien, zum Beispiel eine jederzeit zugängliche Schaltstelle mit Trennfunktion zu beachten (Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, 2005).

Die Leistung von 30 kW wird aber auch im § 5 Abs. 1 EEG als die Leistung gehandelt, bis zu der der Anschluss an den Grundstücksverknüpfungspunkt als die wirtschaftlich günstigere Alternative gilt (EEG09, 2008). Darüber hinaus sind auch andere Alternativen, so auch der Anschluss an das Mittelspannungsnetz zu betrachten.

Durch den Anschluss an das Mittelspannungsnetz kommen dabei ganz wesentliche Unterschiede bei den Netzanschlussbedingungen zum Tragen. Unter anderem werden deutlich verschärfte Anforderungen an die Netzverträglichkeit und das Fehlverhalten gestellt. Nach der Verordnung zu Systemdienstleistungen durch Windenergieanlagen müssen Windenergieanlagen, die nach dem 30. Juni 2010 an das Mittelspannungsnetz angeschlossen werden, die BDEW-Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“ erfüllen. Die Konformität mit diesen Anforderungen muss dabei durch Einheitszertifikate sowie Gutachten eines akkreditierten Zertifizierers nachgewiesen werden (SDLWindV, 2009). Neben dem Mehraufwand für den Netzanschluss selbst ist somit auch für den Hersteller durch die Forderung der Typenzertifizierung eine deutliche Einstiegschürde geschaffen.

In vielen Fällen kann die Leistung, die maximal in das Niederspannungsnetz eingespeist werden kann, je nach lokaler Netzsituation und Erzeugereigenschaften auch deutlich über 30 kW liegen. Auch dann müssen jedoch weitergehende Bedingungen bezüglich Absicherung und Zugang erfüllt werden (Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, 2005). Damit bildet die unterschiedliche Behandlung beim Netzanschluss bereits ein Kriterium für eine Unterscheidung der Leistungsklassen kleiner und größer 30 kW.

---

## Abgrenzung des Leistungssegments entsprechend Anwendungsgebiet E

Der Übergang von den in das Mittelspannungsnetz einspeisenden KWEA und normalen Windenergieanlagen ist aus technischer Sicht fließend, sollte allerdings im Sinne klarer Definitionen deutlich abgegrenzt werden.

Alle betrachteten Quellen, insbesondere der AWEA, der BWEA sowie der EWEA, ziehen die obere Grenze für KWEA bei 100 kW elektrischer Leistung (AWEA, 2010; BWEA, 2010; EWEA, 2009). Es finden sich dafür wenig direkte Begründungen, der EWEA führt an, dass 100 kW in den meisten Ländern die maximal in das Niederspannungsnetz einzuspeisende Leistung ist. Dies ist auch in Deutschland möglich, dabei ist aber von einem Netzanschlusspunkt direkt an der Transformatorstation und möglichst wenig anderen Eigenerzeugungsanlagen in diesem Niederspannungsnetz auszugehen. Dies kann aber nicht als Standard eines üblichen Grundstücksanschlusses angenommen werden.

Auch der BWE hat in früheren Publikationen, z. B. „Kleinwindanlagen: Windenergie für Jedermann in der Stadt und auf dem Land“ vom März 2009, 100 kW installierte Leistung als Obergrenze für KWEA definiert.

Von technischer Seite findet sich in der IEC 61400-2,2007 eine etwas niedrigere Grenze. In der Norm werden maximal 200 m<sup>2</sup> überstrichene Rotorfläche als Kriterium für die Einteilung als KWEA verwendet (IEC 61400-2, 2007). Dies entspricht ungefähr einer installierten Leistung von 50 bis 70 kW (KWEA Informationsbroschüre, 2009). Außerdem zieht die IEC 61400-2 auch eine Grenze bei den Systemspannungen. Demnach werden nur die Anlagen mit maximalen Spannungen von 1.000 V (Wechselspannung) bzw. 1.500 V (Gleichspannung) überhaupt von der Norm abgedeckt und als KWEA behandelt. Sowohl Rotorfläche als auch Systemspannung bieten als Kriterium zur Kategorisierung jedoch

deutlich weniger Anhaltspunkte für die resultierende Verwendung als die maximale Anlagenleistung. (vgl. S. 3)

Im Sinne der verbandseigenen Kontinuität und der internationalen Vergleichbarkeit mit anderen Verbänden ist die Leistungsobergrenze von 100 kW ein günstiges Kriterium zur Definition von KWEA.

Möglich wäre allerdings eine weitere Unterteilung im Spektrum zwischen 30 und 100 kW. Anlass dazu liefert insbesondere das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG).

Durch das EEG vom 25. Oktober 2008 wird speziell bei Windenergie eine weitere Leistungsstufe von 50 kW eingeführt. So ist der Betreiber von Anlagen größer 50 kW nach § 29 Abs. 3 verpflichtet nachzuweisen, dass die Anlage am Referenzstandort mindestens 60 % des Referenzertrags erzielen kann. Dazu ist ein entsprechendes Sachverständigen-gutachten vorzulegen (EEG09, 2008).

Zur Inbetriebnahme muss der Betreiber somit zwar einer zusätzlichen Vorschrift genü- gen, doch sollten die dabei geforderten Windgutachten bei einer Investition in dieser Größenordnung auch aus eigenen betriebswirtschaftlichen Gründen bereits durchge- führt werden. Für die meisten Betreiber stellt diese Regelung damit keine wesentliche Umstellung dar, wodurch damit keine weitere Teilung des Leistungssegments zu begrün- den ist.

### 3.3 Namensgebung

#### 3.3.1 Grundlagen

Zur besseren Verständigung und Handhabung sollten den festgelegten Leistungsspek- tren unverkennbare, prägnante Namen zugeordnet werden. Um eine möglichst einfache Anwendung zu ermöglichen, wäre eine jeweilige Anpassung der Vorsilben zur allgemei- nen Bezeichnung Windenergieanlagen am praktikabelsten.

Im internationalen Vergleich gibt es dazu bereits viele sich widersprechende Bezeich- nungen (AWEA, 2010; BWEA, 2010; EWEA, 2009).

**TABELLE 2**  
Bezeichnungen von KWEA-Kategorien nach BWEA,  
AWEA und EWEA (eigene Recherche)

BWEA		AWEA (frei übersetzt)		EWEA	
0 - 1,5 kW	Micro wind	0 - 0,9 kW	Inselsysteme	0 - 1 kW	Pico
1,5 - 15 kW	Small wind	1 - 10 kW	Heimanwender	1 - 7 kW	Micro
15 - 100 kW	Small-Medium wind	11 - 100 kW	Gewerbliche Nutzung, Kleinindustrie	7 - 50 kW	Mini
				50 - 100 kW	ohne

---

### 3.3.2 Leistungsbereich 0 bis 1,5 kW

Anhand der Quellen von BWEA und EWEA erscheint die Verwendung des Begriffs Mikrowindanlage bereits allgemein verbreitet (BWEA, 2010; EWEA, 2009). Während bei BWEA dies als Bezeichnung der untersten Leistungsklasse verwendet wird, verwendet die EWEA noch die darunter liegende Bezeichnung „Pico“. Vermutlich hat man sich bei der Festlegung an den Präfixen für SI-Einheiten nach DIN 1301 orientiert. Demnach entspricht Pico dem Faktor 10<sup>-12</sup> und Mikro dem Faktor 10<sup>-6</sup>. Es findet sich aber kein Zusammenhang, der diese Faktoren mit den jeweiligen Größenklassen verknüpft.

Eine alternative Bezeichnung der untersten Leistungsklasse ist der Begriff „Kleinstwindanlagen“, der auch im Internet von verschiedenen Seiten genutzt wird. In der Praxis hätte diese Bezeichnung auf jeden Fall den Vorteil, dass dieser Begriff unabhängig vom Umfeld direkt dem untersten Leistungsspektrum zugeordnet werden kann. Allerdings wäre damit auch ein Begriff gewählt, der über verschiedene Sprachen hinweg keine wiedererkennbare Zuordnung zulässt. Das Präfix Mikro bzw. micro ist hingegen sowohl im englischsprachigen als auch im sonstigen europäischen Raum üblich und lässt sich somit leichter übertragen.

Zur Gewährleistung besserer Vergleichbarkeit erscheint der Begriff "**Mikrowindenergieanlagen**" als praktikabelste Bezeichnung des untersten Leistungssegments.

---

### 3.3.3 Leistungsbereich 1,5 bis 5 kW

Die anschließende Leistungsklasse wird von der BWEA ganz allgemein als „Small Wind“ bezeichnet, entsprechend also dem deutschen Wort „Kleinwindanlagen“. Die EWEA verwendet das Präfix Micro, der Amerikanische Windenergieverband nennt keine eindeutige Bezeichnung.

Der sehr allgemeine Begriff der „Kleinwindanlagen“ birgt eindeutig das Risiko der Unklarheit, ob damit nun das gesamte Spektrum der Kleinwindanlagen von 0 - 100 kW oder nur das Spektrum zwischen 1,5 und 5 kW benannt werden soll. Allerdings stellen die Anlagen aus diesem Leistungsspektrum im vergleichbaren britischen Markt beim Umsatz und Anteil an der installierten Leistung deutlich den größten Marktanteil (Small Wind Market Report, 2010). Die zentrale Marktstellung gibt also auch Grund zur Verknüpfung dieses Segments mit dem allgemein genutzten Begriff.

Anhand des durch dieses Leistungsspektrum abgedeckten Anwendungsgebiets wäre aber auch eine anwendungsbezogene Namensgebung möglich. So verknüpft die AWEA das Spektrum zwischen 1 und 10 kW mit dem Markt für Privatanwender. In diesem Fall könnte die ausführliche Bezeichnung „Hauswindanlage“ verwendet werden. Vorteilhaft an einer solchen anwendungsbezogenen Bezeichnung ist eine, auch für den Laien, einfache Möglichkeit der Einschätzung der Größenrelation und möglichen Anwendung. Auch die Erträge von Anlagen dieses Leistungsspektrum korrespondieren ungefähr mit dem Stromverbrauch privater Haushalte, so dass auch diese Verknüpfung angemessen erscheint.

Nachteil an dieser sehr spezifischen Bezeichnung ist die fix damit verknüpfte Anwendungssituation der Gebäudeintegration, obwohl insbesondere Anlagen im Leistungsbereich nahe 5 kW wohl nur in Einzelfällen in direkter Nähe zu Wohnhäusern errichtet werden können. Durch den in dieser Größenordnung aber üblicherweise genutzten Haus- bzw. Grundstücksanschluss an das Niederspannungsnetz ist auch in Fällen ohne Wohnhäuser dennoch die Installation in Gebäudenähe wahrscheinlich.

Um Unklarheiten in den Zuordnungen zu verhindern und um dem Anwender eine schnelle Orientierung zu ermöglichen, werden die weit differenzierten anwendungsbezogenen Kategorien letztendlich auf drei Klassen zusammengefasst. Eine begriffliche Unterscheidung zwischen der Klasse bis 1,5 kW und 1,5 bis 5 kW ist somit hinfällig. Für die Klasse von 1,5 kW bis 5 kW ergibt sich somit ebenfalls die Bezeichnung "**Mikrowindenergieanlage**".

---

### 3.3.4 Leistungsbereich 5 bis 30 kW

Da dieser Leistungsbereich praktisch in allen Quellen unterschiedlich abgegrenzt wird, ist es schwierig, für diese Gruppe bestehende Bezeichnungen zu finden. Die BWEA nennt die Anlagen oberhalb 15 kW „Small-Medium Wind“, also ungefähr Klein-Mittel-Windanlagen (BWEA, 2010). In Analogie zum Anschluss an das Mittelspannungsnetz bietet sich der Begriff „mittel“ eher für das Leistungsspektrum oberhalb 30 kW an. Der EWEA verwendet das Präfix „Mini“ für Anlagen zwischen 7 und 50 kW (EWEA, 2009). In der Wahrnehmung der Anlagengröße könnte dieses Präfix zwar beim Großteil der Gesellschaft falsche Assoziationen auslösen, schließt aber logisch an die untere Klasse der Mikro-Windanlage an.

Windenergieanlagen mit Leistungen zwischen 5 und 30 kW finden vor allem bei gewerblichen Betrieben, beispielsweise in der Landwirtschaft Anwendung. Oft findet dabei baurechtlich privilegierte Behandlung wegen der Einstufung als Nebenanlage Anwendung. Dabei muss der Großteil (über 50 %) der produzierten Energie für den bereits angemeldeten Betrieb selbst genutzt werden (KWEA Informationsbroschüre; Baunutzungsverordnung § 14).

Bei Anlagen im Leistungsbereich um 20 kW ist bei angenommenen 2.000 Volllaststunden mit Energieerträgen um 40.000 kWh/a zu rechnen. Zur Nutzung als Nebenanlage sollte also mindestens 20.000 kWh/a Strom verbraucht werden. Bei Milchviehbetrieben mit einem Verbrauch von 400 kWh/(Kuh\*a) (Stromtipps) ist diese Schwelle bereits bei rund 50 Tieren erreicht. Da neben dem Strombedarf auch entsprechender Platz für die Installation notwendig ist, erscheint in der Praxis eine Anwendung als Nebenanlage insbesondere im landwirtschaftlichen Bereich wahrscheinlich.

Um relativ schnell Bezug zur Anwendung herzustellen, könnte man die Bezeichnung „Nebenwindanlage“ vorschlagen. Dieser Begriff ist allerdings kaum ohne Missverständnisse in andere Sprachen zu übersetzen. Doch sind in diesem Bereich international sehr verschiedene Kategorisierungen üblich, so dass es keine direkte Korrespondenz gibt. Schließlich orientiert sich der Begriff an einer deutschen Besonderheit des Baurechts und muss damit nicht international übertragbar sein. Jedoch steht auch bei den anderen Leistungskategorien der Anwendungsbezug nicht als Hauptkriterium für die Namensgebung.

Allerdings kann der Begriff auch allein in Deutschland als irreführend wahrgenommen werden. Eine allzu bildliche Interpretation der Bezeichnung „Nebenwindanlage“ lässt die Anlage neben dem Wind erscheinen, was ganz und gar nicht dem Sinn und Zweck der so bezeichneten Anlagen entspricht. Eine alternative Bezeichnung wäre auch mit der Übersetzung der britischen Bezeichnung „Small-Medium Wind“ möglich. Somit wäre für die Klasse der 5 bis 30 kW Anlagen auch der Begriff „Klein-Mittelwindanlagen“ denkbar. Aus Gründen einer einheitlichen Systematik und im Hinblick auf die gute Übertragbarkeit für den internationalen Bereich wird die Bezeichnung **„Miniwindenergieanlage“** vorgeschlagen.

---

### 3.3.5 Leistungsbereich 30 bis 100 kW

Die BWEA bezeichnet die KWEA des obersten Leistungsbereichs mit „Small-Medium Wind“ (BWEA, 2010). In diesem Fall ist das Spektrum allerdings deutlich breiter, da man die untere Grenze des obersten Leistungsbereichs mit 15 statt mit 30 kW definiert hat. Für das vorgeschlagene Spektrum wäre also der Begriff „Medium Wind“ eher passend. Anhand der deutschen Übersetzung „Mittel“ ergäbe sich auch eine Analogie zum Mittelspannungsnetz, das in diesem Leistungsbereich bereits an Bedeutung gewinnt. Dadurch ist auch eine schnelle Verknüpfung zur Größenordnung der Anwendung gegeben und viele Anwender, wobei es sich in diesem Segment wohl um nur wenige Laien handelt, können den Begriff schnell mit dem spezifischen Leistungsbereich verknüpfen.

Als Begriff für Windräder des Leistungsbereichs 30 bis 100 kW wird also die Bezeichnung **„Mittelwindenergieanlage“** vorgeschlagen.

### 3.4 Zusammenfassung

TABELLE 3

vorgeschlagene Bezeichnungen für Leistungskategorien

Einsatzgebiet der Kleinwindanlage	Spannung	Nennleistung	Begründung der Kategorisierung	Bezeichnung	Vereinfachung
Batteriegestütztes Inselsystem	12/24/48 V DC	0 – 1,5 kW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realistische Grenze Off-Grid zu On-Grid</li> <li>• Hohe Ladeströme</li> <li>• In UK als Vergütungsgrenze</li> </ul>	Mikrowindenergieanlage	Leistungsklasse 1
Anlage auch netzgekoppelt	230 V AC				
Gebäudeintegrierte Installation	230 V AC	1,5 – 5 kW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grenze der Privatanwendungen</li> <li>• Grenze einphasiges Einspeisen</li> <li>• Dachintegration möglich</li> </ul>		
Freie Aufstellung					
Gewerbegebiete, Landschaft	400 V AC	5 – 30 kW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung Anschlussvarianten</li> <li>• Abstufung Anschlusskriterien</li> <li>• Genehmigung als Nebenanlage</li> </ul>	Miniwindenergieanlage	Leistungsklasse 2
Gewerbegebiete, Landschaft	400 V/20 kV AC	30 – 100 kW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vom BWE bereits verwendet</li> <li>• International üblich</li> <li>• Anforderungen Mittelspannung</li> </ul>	Mittelwindenergieanlage	Leistungsklasse 3

### 3.5 Vereinfachung zur Gesamtbetrachtung

Für eine Unterscheidung von Kleinwindenergieanlagen im Rahmen von politischen Diskussionen und einer Gesamtbetrachtung von KWEA sind die vorgeschlagenen Kategorien nicht in der Detailliertheit notwendig. Insbesondere im Rahmen politischer Diskussionen stellen auch die vorgeschlagenen Bezeichnungen einen nicht notwendigen Detaillierungsgrad dar.

Darum werden für den nicht anwender- oder herstellerspezifischen Bereich folgende Vereinfachungen vorgeschlagen:

- Zusammenfassung der Anlagen von 0 bis 5kW unter dem Begriff Leistungsklasse 1.
- Zusammenfassung der Anlagen von 5 bis 30kW unter dem Begriff Leistungsklasse 2.
- Zusammenfassung der Anlagen von 30 bis 100kW unter dem Begriff Leistungsklasse 3.

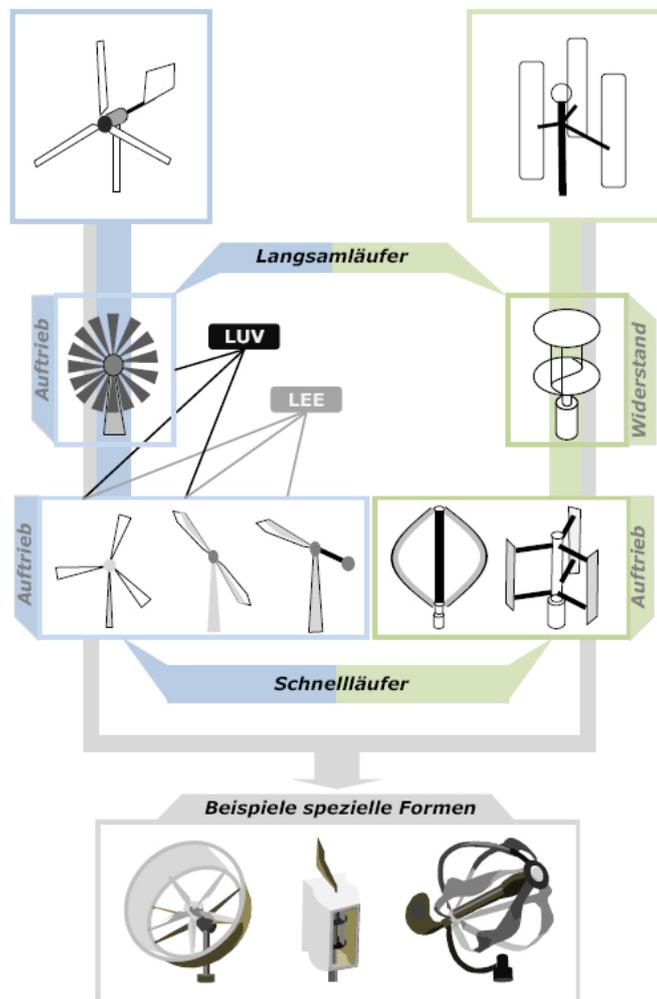
Angelehnt an ein Benennungssystem des Fraunhofer IWES (Betriebserfahrungen Fraunhofer IWES) ist auch eine Bezeichnung der Abstufungen mit S, also small, XS, also extra small und XXS, also extra extra small, vorstellbar. Damit wäre eine deutlich einfachere Zuordnung als durch die nummerierten Leistungsklassen gegeben.

## 4. Vorschlag zu Anforderungen an technische Angaben

### 4.1 Bauarten von KWEA

Bei kleinen Windenergieanlagen gibt es eine große Vielfalt an Konstruktionen. Abbildung 1 zeigt ein Schema der Bauformen. Bei den technischen Angaben müssen hier Unterschiede bezüglich der physikalischen Grundprinzipien gemacht werden. Grundsätzlich liegen bauartbedingt die Wirkungsgrade von vertikalen Anlagen etwas niedriger als bei Anlagen mit horizontaler Achse. Dagegen sind sie eher geräuscharm und eignen sich daher besser für die Aufstellung in bebauten Gebieten. Anlagen mit Konzentratoren können nicht über die gleichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten von frei umströmten Rotoren beschrieben werden, so dass bei den Wirkungsgraden hier keine direkten Vergleiche möglich sind. Bei der Bildung der Kategorien, gemäß Kapitel 3, ist jedoch eine weitere Differenzierung nach Bauarten nicht sinnvoll.

ABBILDUNG 1:  
Übersicht zu Bauformen  
von kleinen Windenergieanlagen



---

## 4.2 Existierende Standards

Das in den letzten Jahren stark gewachsene Interesse an KWEA sieht sich immer noch einem Mangel an vergleichbaren und seriösen Angaben zu den technischen Daten gegenüber. Da es sich insbesondere im Bereich der privat zu installierenden Anlagen in der Mehrzahl der Anwender um Erstkunden („Neulinge“) in der Nutzung von Windenergie handelt, können die nicht standardisierten Angaben kaum miteinander verglichen werden. Somit ist auch für den Anwender Ware schlechter Qualität kaum zu erkennen. Enttäuschte Anwendererwartungen und mangelnde Zuverlässigkeit wurden so in den letzten Jahren ein großes Problem im Sektor der Kleinwindanlagen (Betriebserfahrungen Fraunhofer IWES, 2009). Eine Förderung dieses Sektors muss darum immer auch Maßnahmen zur Qualitätssicherung umfassen.

Zwar existiert der international anerkannte Standard IEC 61400-2 zur Zertifizierung von Kleinwindenergieanlagen, doch ist dieser Prozess mit sehr viel Aufwand und hohen Kosten verbunden. Dadurch wurden bisher nur sehr wenige KWEA nach diesem Standard zertifiziert, da die meisten Hersteller den hohen Kosten- und Zeitaufwand scheuen. Um ein breites Angebot an zertifizierten Anlagen zu schaffen, sollten Zertifizierungen einerseits stärker gefordert werden, andererseits die Anforderungen besser an die Möglichkeiten der Hersteller angepasst werden.

Auch international wurde dieses Arbeitsfeld wahrgenommen und es gibt inzwischen viele Ansätze zur Lösung des Problems. Insbesondere in den USA und in Großbritannien wurde so durch die Windenergieverbände bereits ein angepasster Standard für Kleinwindräder entwickelt, der inzwischen auch angewendet wird. In den USA wurde 2006 eine Arbeitsgruppe zur Erstellung und Umsetzung eines solchen Standards gegründet. Ende 2009 wurde schließlich die Entwicklung des „AWEA Small Wind Turbine Performance and Safety Standard“ abgeschlossen. Parallel dazu wurde 2009 das „Small Wind Certification Council (SWCC)“ gegründet. Diese Institution wird nun als unabhängiger Zertifizierer Kleinwindenergieanlagen auf ihre Konformität zum „AWEA Small Wind Turbine Performance and Safety Standard“ überprüfen (AWEA-Homepage) Zurzeit laufen bereits 14 Verfahren zur entsprechenden Zertifizierung.

Der Standard wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Kanadischen Windenergieverband erstellt und auch vom Britischen Windenergieverband fast Wort für Wort übernommen (AWEA Standard 9.1 – 2009). Der „British Wind Energy Association Small Wind Turbine Performance and Safety Standard“ ist auch in Großbritannien entsprechend Grundlage einer Zertifizierung. So wird in Großbritannien die Vergütung für Strom aus privaten Kleinwindenergieanlagen nur gezahlt, wenn bei der Installation sowohl zertifizierte Turbinen als auch zertifizierte Installateure eingesetzt wurden. Die Zertifizierung wird dabei vom „Microgeneration Certification Scheme“ geleistet (BWEA-Homepage). In Bezug auf die Zertifizierung von Turbinen wird dabei maßgeblich die Konformität mit dem „British Wind Energy Association Small Wind Turbine Performance and Safety Standard“ überprüft (MCS006).

In den USA und in Großbritannien wurden somit bereits Lösungen gefunden, die auch für den Markt relevante Anwendungen finden. Bei der Entwicklung einer vergleichbaren Zertifizierung für Deutschland sollte somit auch über einen Erfahrungsaustausch mit den entsprechenden Verbänden nachgedacht werden.

---

### 4.3 Angaben zur Leistung und zu Leistungsbeiwerten

Bei Großwindanlagen ist es üblich, Nennleistung und die dazugehörige Nenngeschwindigkeit anzugeben. Auch bei Kleinwindanlagen, zum Beispiel bei Erstellung der „Wind Energy Market“, der Marktübersicht des BWE, wurden die Daten in ähnlicher Form erhoben (BWE, 2010).

Für Anwender oder Projektierer mit Erfahrung im Bereich Windenergie lassen sich aus diesen Angaben auch Informationen über die Standortauslegung ableiten und Nennleistungen vergleichend umrechnen. Für Laien ist aber meist der kubische Zusammenhang zwischen Windleistung und Windgeschwindigkeit nicht greifbar und einzig die genannte Nennleistung bietet verständliche Information. Um eine bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten, ist es damit essenziell, neben oder statt der Nennleistung die Angabe einer Referenzleistung bei definierten Bedingungen zu fordern.

Die sowohl von der AWEA als auch der BWEA formulierten Bedingungen an die technischen Standards von KWEA implizieren eine solche Referenzleistung (AWEA Standard 9.1 – 2009). Als Bedingung ist dabei eine Windgeschwindigkeit von 11 m/s bei den nach IEC 61400-12-1 definierten Messbedingungen vorgegeben. Die Angabe mehrerer Referenzleistungen ermöglicht zusätzlich recht schnell eine Abschätzung der zugrunde gelegten Windverhältnisse bei der Auslegung der Anlage und vermittelt dem Kunden sehr gut, wie stark die Leistung von den Windgeschwindigkeiten abhängt.

Da durch die geforderten Angaben vor allem eine schnelle Vergleichbarkeit angestrebt wird, sollten wenige, aber damit umso verpflichtendere Angaben gefordert werden. Im Zuge der anzunehmenden Globalisierung der Märkte von KWEA ist es zunächst sinnvoll, sich an den Forderungen des britischen und amerikanischen Windenergieverbandes zu orientieren. Es sollte also ebenfalls eine Referenzleistung bei 11 m/s angegeben werden. Um den Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Leistung zu verdeutlichen und das Schwachwindverhalten der Anlagen einschätzbar zu machen, erscheint eine weitere Referenzleistung aber als sinnvoll. Hierfür sollte die Angabe der Leistung bei 5 m/s herangezogen werden.

Im Bereich von Großwindanlagen ist es außerdem üblich, neben der Nennleistung die Leistungsbeiwerte bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten im Rahmen einer Leistungskurve anzugeben. Leistungsbeiwerte geben als Verhältnis der entnommenen Leistung zur im Wind enthaltenen Leistung die Effizienz der Anlagen an. Bei Kleinwindenergieanlagen wirkt sich diese Effizienz vor allem auf die benötigte Rotorfläche aus, ist ansonsten für den Betrieb jedoch nicht von zentraler Bedeutung. Zwar kann der maximale Leistungsbeiwert als Vergleichskriterium genutzt werden, doch wären solche Angaben für den Endkunden kaum einzuordnen. Leistungsbeiwerte variieren sehr stark mit der Windgeschwindigkeit und den Anströmungsverhältnissen, Einzelwerte können somit nur ein sehr beschränktes Bild liefern. Durch die sehr große Varianz der Bauformen bei Kleinwindanlagen, z. B. horizontale Achse, vertikale Achse, Anlagen mit Konzentratoren, sind Leistungsbeiwerte über die Bauformen hinweg oft nur schwer einzuordnen und zu vergleichen.

Leistungsbeiwerte können durch die sonstigen technischen Angaben wie Referenzleistungen bei definierten Windgeschwindigkeiten und Rotorfläche berechnet werden und sollten zum Beispiel im Rahmen von Marktübersichten auf Plausibilität überprüft werden. Es wird jedoch vorgeschlagen, auf die Forderung als verpflichtende Angabe zu verzichten.

Neben den Referenzleistungen der Anlage ist zur Abschätzung des Ertrags insbesondere entscheidend, welche Fläche zur Erbringung der Leistung zur Verfügung steht. Dazu bietet die spezifische Leistung pro Quadratmeter Rotorfläche eine weitere, für den Kunden schnell einzuordnende Kenngröße. Um nicht nur die Information aus den Referenzleistungen doppelt zu verwenden, sollte hierbei die Nennleistung der Anlage als Grundlage

einbezogen werden. Insbesondere Anlagen gleicher Nennleistung lassen sich so für den Anwender sehr schnell in Stark- und Schwachwindanlagen unterscheiden.

**Wird vom Hersteller eine Leistung der Anlage angegeben, so sind zwei Referenzleistungen zu verwenden. Die Referenzleistungen entsprechen der bei einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s sowie 11 m/s nach IEC 61400-12-1 gemessenen abgebenen Leistung.**

**In allen technischen Publikationen ist ebenfalls die spezifische Leistung pro Quadratmeter Rotorfläche anzugeben. Diese berechnet sich als Verhältnis der maximalen Leistung der Anlage in Watt zur senkrecht zur Windrichtung vom Rotor bei einer vollständigen Drehung überstrichenen Fläche in m<sup>2</sup>.**

---

## 4.4 Angaben zum Energieertrag

Oft werden KWEA direkt mit einer Angabe zum geschätzten Jahresenergieertrag beworben. Für Privatanwender ist diese Angabe zunächst sehr attraktiv, da sie zum Beispiel eine Vergleichbarkeit mit dem eigenen Stromverbrauch ermöglicht. Gleichzeitig ist es in den meisten Fällen irreführend, da der Energieertrag maßgeblich durch die Windverhältnisse am Standort bestimmt wird. So gaben bei einer Befragung durch das Fraunhofer IWES im September/Oktober 2009 nur 13 von 51 Anwendern von Kleinwindanlagen an, dass ihre Erwartungen an den Ertrag erfüllt wurden (Betriebserfahrungen Fraunhofer IWES, 2009).

Unbestreitbar führt die Angabe von Referenzerträgen bei definierten Berechnungsgrundlagen zu einem sehr aussagekräftigen Vergleichskriterium. In der Anwendung für den Kunden nimmt dieses Kriterium schließlich sogar eine wichtigere Rolle als der Leistungsvergleich ein. Gleichzeitig muss aber die für den Laien in dieser Bedeutung nicht bekannte Abhängigkeit von den örtlichen Windverhältnissen verdeutlicht werden. Im Sinne der allgemeinen Vergleichbarkeit haben AWEA und BWEA jeweils einen Referenzertrag mit praktisch identischen Bedingungen definiert. Diese Angabe soll eingebunden werden, sobald Produktspezifikationen der KWEA dargestellt werden. Um die grenzübergreifende Vergleichbarkeit der Modelle zu gewährleisten, sollten die Referenzbedingungen an die Vorgaben der AWEA und BWEA angelehnt sein. Die BWEA fordert die Angabe des Referenzertrags in einer definierten Grafik, in der der Hinweis „Your Performance may vary“, also frei übersetzt, „Ihr Ertrag kann abweichen“, eingearbeitet ist (BWEA Small Wind Standard, 2008).

Um den maßgeblichen Zusammenhang zwischen durchschnittlicher Windgeschwindigkeit und Energieertrag darzustellen, erscheint diese Einschränkung jedoch nicht als geeignet. Vielmehr macht es auch an dieser Stelle Sinn, die Angabe bei verschiedenen Windverhältnissen zu fordern. Möglich sind beispielsweise neben dem Ertrag bei einer mittleren Windgeschwindigkeit und einer Rayleigh-Verteilung von 5 m/s für Schwachwindanlagen auch den Ertrag bei 4 m/s und bei Starkwindanlagen bei 6 m/s anzugeben. Der Aufwand zur zusätzlichen Erhebung dieser Angabe ist minimal, da auch zur Bestimmung eines Referenzertrags bereits eine gemessene Leistungskurve erstellt werden muss, und der Ertrag anschließend rechnerisch sehr schnell abgeleitet werden kann.

**Sobald in Form von jeglichem Label, Produktliteratur oder Werbung Angaben zu den Produktspezifikationen veröffentlicht werden, sollte auch der Referenzertrag angegeben werden. Der Referenzertrag entspricht dem berechneten absoluten Energieertrag über ein Jahr, bei Annahme einer Durchschnittswindgeschwindigkeit von 5,0 m/s, Rayleigh-Geschwindigkeitsverteilung, vollständiger Verfügbarkeit der Anlage und der nach IEC 61400-12-1 erstellten Leistungskurve. Zusätzlich ist bei Schwachwindauslegung der Anlage der Ertrag bei sonst identischen Bedingungen jedoch bei 4,0 m/s Durchschnittsgeschwindigkeit und bei Starkwindauslegung der Anlage der Ertrag bei sonst identischen Bedingungen jedoch bei 6,0 m/s Durchschnittsgeschwindigkeit anzugeben.**

## 4.5 Angaben zur Lärmemission

Analog zu Großwindanlagen hängt auch bei Kleinwindanlagen die Akzeptanz für Windenergieanlagen maßgeblich von den direkten Erfahrungen der Anwohner ab. Dabei spielt die Belastung mit Lärm eine große Rolle. Sowohl für den Anwender selbst als auch für die Nachbarschaft ist es somit essenziell, beispielsweise bei Installation in Wohngebieten die Lärmbelastung im Voraus abschätzen zu können.

Gesetzlich wird erst ab 50 m Bauhöhe vom Bundes-Immissionsschutzgesetz ein immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren notwendig. In fast allen Fällen findet somit ein Genehmigungsverfahren nach länderspezifischem Baurecht statt. Somit sind die Bestimmungen in fast allen Bundesländern unterschiedlich. Teilweise gibt es aber auch hier Grenzwerte, unter denen KWEA pauschal von jeglicher Genehmigung oder Anzeige entbunden werden. In einigen Bundesländern, insbesondere in Baden-Württemberg, Bayern, Saarland und Sachsen-Anhalt, gilt beispielsweise die maximale Höhe von 10 m (Genehmigungsverfahren, 2009).

TABELLE 4  
beispielhafte Immissionsrichtwerte außerhalb von  
Gebäuden nach TA Lärm (TA Lärm, 1998)

ART DER FLÄCHE	 	
	Tags (6 – 22 Uhr)	Nachts (22 – 6 Uhr)
<b>Industriegebiete</b>	70 dB(A)	70 dB(A)
<b>Gewerbegebiete</b>	65 dB(A)	50 dB(A)
<b>In Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten</b>	60 dB(A)	45 dB(A)
<b>In allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten</b>	55 dB(A)	40 dB(A)
<b>In reinen Wohngebieten</b>	50 dB(A)	35 dB(A)
<b>In Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten</b>	45 dB(A)	35 dB(A)

Bei sonstiger Genehmigungsfreistellung müssen aber dennoch die Immissionsrichtwerte aus der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm beachtet werden. Je nach baurechtlicher Einteilung der Flächen und Tageszeit werden differenzierte Lärmrichtwerte angegeben.

Auch die AWEA und BWEA fordern Angaben zum Schallpegel der Anlagen, stellen allerdings sehr unterschiedliche Anforderungen.

Die AWEA fordert nur den „AWEA Estimated Sound Level“, der wohl in Analogie zum „AWEA Rated Sound Level“ folgendermaßen definiert ist: Der Schallpegel, der in 95 % der Zeit nicht überschritten wird, bei angenommener Durchschnittswindgeschwindigkeit von 5 m/s, Rayleigh-Verteilung, 100 % Verfügbarkeit, einem Beobachterstandort 60 m vom Rotormittelpunkt entfernt und Berechnung mit den nach IEC 61400-11 erzielten Testresultaten. Auch hier wurden kleine Anpassungen an die Testanforderungen nach IEC 61400-11 formuliert (AWEA Standard 9.1 – 2009, 2009).

Die angenommenen 60 m Entfernung vom Rotormittelpunkt sind wohl insbesondere bei gebäudenahen Anwendungen in Deutschland unrealistisch. Da das Maß des Schallpegels für die meisten Menschen auch kaum direkt mit Erfahrungen assoziierbar ist, handelt es sich eher um einen abstrakten und für die Praxis wenig zielführenden Wert. Möglicherweise wurden dabei auch die abweichenden Siedlungsdichte und Anwendungssituationen in Nordamerika berücksichtigt.

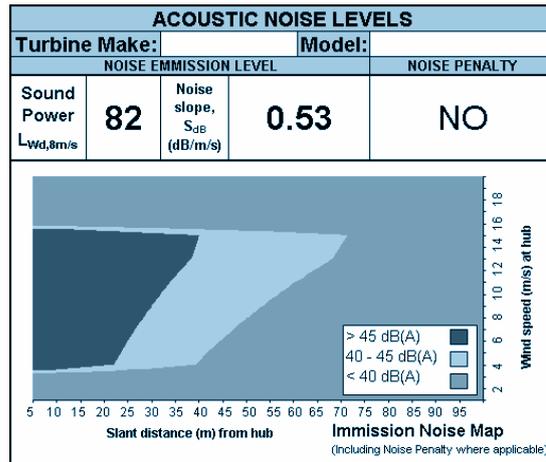
Die BWEA definiert in diesem Zusammenhang gleich zwei Referenzschallpegel. Ein Schallpegel in 60 m Entfernung, der bei eher großen Kleinwindrädern angenommen werden

soll und ein Schallpegel für Mikro-Windräder und Heimanwendungen in einer Entfernung von 25 m.

Für die Angabe in den Produktspezifikationen fordert die BWEA sogar weitergehende Informationen zum Schallpegel. Es wird eine grafische Darstellung der Schallbelastung definiert und für die Anwendung bei jeglicher Angabe von Produktspezifikation vorgeschrieben.

Abbildung 2 zeigt ein Beispiel solch einer grafischen Darstellung.

ABBILDUNG 2:  
Grafische Darstellung der Lärmimmission nach BWEA  
(BWEA Small Wind Standard, 2008)



Folgende Eigenschaften der grafischen Darstellung sollten nach BWEA erfüllt sein:

- Die Lärmbelastung nach Windgeschwindigkeit über Entfernung zur Nabe wird dargestellt.
- Die Windachse sollte von 1 m/s - 18 m/s reichen, die Entfernung von 5 m - 100 m aufgeführt sein, minimal sollten Daten von 1 m/s bis 11 m/s und 5 m bis 100 m angegeben werden, nicht erfasste Bereiche sollten klar gekennzeichnet sein.

Auch für den Laien ist so recht schnell ersichtlich, ob bei gegebenem Abstand der festgelegte Immissionsrichtwert nicht überschritten wird. Zum Darstellen der Grafik wurden dabei speziell für Großbritannien die Schallpegelschwellwerte von 40 und 45 dB(A) verwendet, da es sich hierbei um für Planungszwecke sehr übliche Werte handelt.

Bei einer analogen Grafik für Deutschland sollten entsprechend der TA Lärm etwas abweichende Schwellwerte verwendet werden, um alle relevanten Grenzen (z. B. 35 dB(A) bis 70 dB(A), in 5dB(A)-Schritten) sichtbar zu machen.

Eine alternative Möglichkeit, um die für die Installation in Deutschland relevanten Grenzwerte darzustellen, wäre eine Auflistung, bei welchem Abstand im lautesten Betriebszustand die jeweiligen Immissionsrichtwerte eingehalten werden. So wäre die Einhaltung der Grenzwerte recht schnell zu überprüfen, der Anwender hätte ansonsten aber keine Vergleichbarkeit über die Lärmemission bei üblichen Betriebszuständen.

Um dem Kunden auch die Möglichkeit zu eröffnen, neben der Erfüllung der TA Lärm auch die sonstige Geräuschbelastung abschätzen zu können, zeigt sich die grafische Darstellung in Form einer „Lärmimmissionskarte“ als bessere Alternative. Die gegebenen Kriterien durch die BWEA sollten dazu jedoch einzeln auf ihre Eignung für Deutschland überprüft werden.

---

## 4.6 Angaben zur geometrischen Anlagengröße

Insbesondere für die Genehmigung in oder in der Nähe von Wohngebieten spielen die verschiedenen Höhenangaben eine entscheidende Rolle. Problematisch sind dabei die verschiedenen Definitionen der Höhe der Anlagen in verschiedenen Bundesländern. So wird beispielsweise im Saarland der höchste vom Rotorblatt erreichte Punkt als Anlagenhöhe angenommen, in Schleswig-Holstein geht man hingegen von der Nabenhöhe aus (Genehmigungsverfahren, 2009).

Um nicht alle jeweiligen Höhen getrennt abzufragen, erscheint es sinnvoll, Nabenhöhe und Rotorradius bzw. Rotordurchmesser abzufragen. So kann die für das jeweilige Bundesland maßgebliche Höhe berechnet werden.

Auch für bereits bestehende Marktübersichten wie „Wind-Energy-Market“ vom BWE wurden üblicherweise Nabenhöhe und Rotordurchmesser abgefragt. Speziell die Angabe des Rotordurchmessers bzw. die vom Rotor überstrichene Fläche ist auch für die Überprüfung der Leistungsangaben notwendig.

Dabei sind allerdings verschiedene Bauformen von Kleinwindrädern zu unterscheiden. Insbesondere für Anlagen mit vertikaler Achse (VWEA) kann zwar ebenfalls ein Durchmesser der rotierenden Flügel angegeben werden, doch kann damit beispielsweise nicht die maximale Anlagenhöhe berechnet werden. Auch für die Berechnung der überstrichenden Rotorfläche fehlt die Angabe der Rotorhöhe.

Folgende Angaben zur geometrischen Anlagengröße sollten also gefordert werden:

- **Nabenhöhe:** (aus IEC 61400-2-2006)  
Die Höhe der Mitte des Rotors der Windenergieanlage über der Geländeoberfläche. Bei einer Vertikalachs-Windenergieanlage ist die Nabenhöhe die Höhe der Äquatorialebene.
- **Überstrichene Fläche:** (aus IEC 61400-2-2006)  
Projektionsfläche senkrecht zur Windrichtung, die ein Rotor bei einer vollständigen Drehbewegung beschreibt.

### Für Anlagen mit im Wesentlichen horizontaler Achse

- **Rotordurchmesser:**  
Der maximale Durchmesser der senkrecht zur Windrichtung vom Rotor überstrichenen Fläche. Bei Anlagen mit nicht kreisförmiger Rotorfläche sind sonstige Angaben zur vollständigen Beschreibung der vom Rotor überstrichenen Fläche notwendig.

### Für Anlagen mit im Wesentlichen vertikaler Achse

- **Rotordurchmesser:**  
Der maximale Durchmesser der Rotor-Rotationsbewegung bzw. die maximale Breite der senkrecht zur Windrichtung vom Rotor überstrichenen Fläche.
- **Rotorhöhe:**  
Die maximale Höhe der senkrecht zur Windrichtung vom Rotor überstrichenen Fläche.

---

## 4.7 Sonstige Angaben zu Betriebseigenschaften

Neben Leistung, Ertrag und Schallemission sollten weitere maßgebliche Betriebseigenschaften zur Beurteilung des Anlagenverhaltens und Ermöglichung der Vergleichbarkeit gefordert werden.

AWEA und BWEA definieren dabei praktisch identische Anforderungen an weitere Angaben (AWEA, 2010; BWEA 2010):

### **Einschaltgeschwindigkeit**

Die niedrigste Windgeschwindigkeit, bei der die Turbine Leistung abgibt.

Aus IEC 61400-2-2006: Kleinste mittlere Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe, bei der die Windenergieanlage Leistung erzeugt.

### **Abschaltgeschwindigkeit**

Die Windgeschwindigkeit, über der durch Kontrollfunktionen keine weitere Leistungsabgabe erfolgt.

### **Maximale Leistung**

Die maximale 1-Minuten-Durchschnittsleistung, die die Turbine im normalen stationären Betrieb abgeben kann.

### **Maximale Spannung**

Die maximale Spannung, die durch die Turbine im Betrieb inklusive Leerlauf erzeugt werden kann.

### **Maximaler Strom**

Der höchste Strom, der im System der Windturbine auftreten kann.

### **Überdrehzahlsicherung**

Die Art des Sicherungssystems, das das Windrad vor zu hoher Drehzahl sichert.

### **Energiebereitstellung**

Art, in der die abgegebene Leistung dem Verbraucher zur Verfügung gestellt wird.

All diese Angaben erscheinen auch für die Anwendung auf Deutschland sinnvoll und praktikabel.

---

## 5. Ausblick

Die im Rahmen dieser Studie recherchierten Ergebnisse lassen einige Fragen offen, die in weitergehenden Untersuchungen analysiert werden sollten, um das Marktsegment der KWEA nachhaltig zu erschließen. Generell wurde festgestellt, dass sich das Segment unabhängig von der Wirtschaftlichkeit erst durch gesteigerte Qualität der angebotenen Turbinen und einer stärkeren Standardisierung des Genehmigungsprozesses im großen Maßstab entwickeln kann.

Zu den offen gebliebenen Fragen wurden bereits Forschungsprojekte initiiert und begonnen, die sich mit Teilaspekten beschäftigen. Im Einzelnen sollten folgende Themen behandelt werden:

- Abschätzung der Windverhältnisse in bebauten Gebieten und Ableitung der hier relevanten Grundannahmen zur Definition der Lastfälle gemäß IEC 61400-2
- Definition von Lastfällen für Dachanbindungen inkl. dynamischer Anregungen
- Vereinfachungen der IEC 61400-2 für das Segment der Leistungsklasse 1 (XXS)
- Verfassen eines Leitfadens für Behörden zur Genehmigung von KWEA
- Aufbau eines Testfeldes zur Vermessung und Zertifizierung von KWEA
- Verfassen eines Anwenderratgebers
- Erarbeitung von Vorschlägen für die politische Diskussion zur baurechtlichen Behandlung und zu Vergütungsmodellen
- Kooperation mit dem Amerikanischen Windenergieverband vorbereiten, um möglicherweise einen dem AWEA Standard 9.1 – 2009 ähnlichen Standard in Deutschland zu implementieren

Die ersten vier Punkte werden zum Teil durch ein Forschungsthema der HTW Berlin bearbeitet.

---

## 6. Literaturverzeichnis

AWEA Small Wind Turbine Global Market Study (Ende 2009). Abgerufen am 3. Juni 2010 von AWEA: [http://www.awea.org/smallwind/pdf/2010\\_AWEA\\_Small\\_Wind\\_Turbine\\_Global\\_Market\\_Study.pdf](http://www.awea.org/smallwind/pdf/2010_AWEA_Small_Wind_Turbine_Global_Market_Study.pdf)

AWEA Standard 9.1 – 2009 (2009). Abgerufen am 3. Juni 2010 von AWEA Small Wind Turbine Performance and Safety Standard : [http://www.awea.org/smallwind/documents/AWEA\\_Small\\_Turbine\\_Standard\\_Adopted\\_Dec09.pdf](http://www.awea.org/smallwind/documents/AWEA_Small_Turbine_Standard_Adopted_Dec09.pdf)

AWEA Homepage (März 2010). Abgerufen am 25. Juli 2010 von AWEA/ Small Wind/ Industry Standards: <http://www.awea.org/smallwind/standards.html>

Baunutzungsverordnung (22. April 1993). Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke

Betriebserfahrungen Fraunhofer IWES (17. Oktober 2009). Abgerufen am 12. Juni 2010 von Kleine Windenergieanlagen Betriebserfahrungen&Ertragsabschätzungen: [http://www.wind-energie.de/fileadmin/BWE-Fachtagungen/KWEA%20Symposium/Vortraege/BWE-KWEA2\\_Betrieb\\_IWES\\_kuehn.pdf](http://www.wind-energie.de/fileadmin/BWE-Fachtagungen/KWEA%20Symposium/Vortraege/BWE-KWEA2_Betrieb_IWES_kuehn.pdf)

BWEA Small Wind Standard (Februar 2008). Abgerufen am 3. Juni 2010 von RenewableUK - Small wind performance & Safety standard: [http://www.bwea.com/pdf/small/BWEA\\_SWT\\_Standard\\_Feb2008.pdf](http://www.bwea.com/pdf/small/BWEA_SWT_Standard_Feb2008.pdf)

BWEA Homepage (2010). Abgerufen am 25. Juli 2010 von BWEA/ Small Wind Systems/ BWEA small wind performance & safety standard: <http://www.bwea.com/small/standard.html>

IEC 61400-2, design requirements for small wind turbines, 2007.

Christian Witt, Prof. Dr. Ing. Jochen Twele (2010). Datensammlung Kleinwindanlagen.

DEKRA-Bericht (April 2009). Auswertung Immobilienwirtschaftlicher Daten zu Einfamilienhäusern . Saarbrücken: Dekra Real Estate Expertise GmbH.

EEG09 (31. Oktober 2008). Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften . Bonn.

Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz. (September 2005). Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz. Frankfurt am Main: VWEW Energieverlag GmbH.

Genehmigungsverfahren (17. Oktober 2009). Abgerufen am 12. Juni 2010 von Genehmigungsverfahren für Kleinwindanlagen: [http://www.wind-energie.de/fileadmin/BWE-Fachtagungen/KWEA%20Symposium/Vortraege/BWE-KWEA2\\_Genehmigung\\_fest.pdf](http://www.wind-energie.de/fileadmin/BWE-Fachtagungen/KWEA%20Symposium/Vortraege/BWE-KWEA2_Genehmigung_fest.pdf)

Generate your own power (26. April 2010). Abgerufen am 2. Juni 2010 von Renewable UK: [http://www.bwea.com/pdf/publications/RenewableUK\\_SWS\\_Consumer\\_Guide.pdf](http://www.bwea.com/pdf/publications/RenewableUK_SWS_Consumer_Guide.pdf)

KWEA Informationsbroschüre (März 2009). Kleinwindanlagen: Windenergie für Jedermann in der Stadt und auf dem Land. Berlin: Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE).

MCS006 (25. Februar 2009). Product Certification Scheme Requirements: Micro and Small Wind Turbines Issue 1.5. Abgerufen am 25. Juli 2010 von Microgenerationcertification/ Find out how to become MCS certificated/ Product Certification/ MCS 006: <http://www.microgenerationcertification.org/ewcommon/tools/download.ashx?docId=7979>

Prof. Dr.-Ing. Jochen Twele, D. I. (17. Oktober 2009). Dachanbindung von kleinen Windenergieanlagen. Welche Anlagengröße vertragen die Dächer? Kassel.

SDLWindV (3. Juli 2009). Verordnung zu Systemdienstleistungen durch Windenergieanlagen (Systemdienstleistungsverordnung - SDLWindV) Berlin.

Small Wind Electric Systems, A U.S. Consumer's Guide (August 2007). Abgerufen am 3. Juni 2010 von Wind & Water Programm des U.S. Department of Energy: [http://www.windpoweringamerica.gov/pdfs/small\\_wind/small\\_wind\\_guide.pdf](http://www.windpoweringamerica.gov/pdfs/small_wind/small_wind_guide.pdf)

Small Wind Market Report (26. April 2010). Abgerufen am 2. Juni 2010 von Renewable UK: [http://www.bwea.com/pdf/publications/RenewableUK\\_Small\\_Wind\\_Market\\_Report.pdf](http://www.bwea.com/pdf/publications/RenewableUK_Small_Wind_Market_Report.pdf)

Stromtipps (kein Datum). Abgerufen am 12. Juni 2010 von Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V.: <http://www.ael-online.de/inhalt/fachinfo/download/tipps.pdf>

TA Lärm (26. August 1998). Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm.

windfacts.eu (2009, Oktober). Abgerufen am 3. Juni 2010 von windfacts.eu /Technology /Small Wind Turbines /Introduction: <http://www.wind-energy-the-facts.org/de/part-i-technology/chapter-6-small-wind-turbines/introduction.html>

## Literaturtipp:

# BWE-Marktübersicht *spezial*: KLEINWINDANLAGEN

Handbuch für Technik, Genehmigung  
und Wirtschaftlichkeit von KWEA

- über 230 Datenblätter von Kleinwindanlagen
- Fachartikel und Checklisten für Endverbraucher
- Orientierung für Bauherren, Architekten und Landwirte

Aus dem Inhalt:

- Grüner Strom vom eigenen Dach
- Vision Kleinwind: Architektonische Modelle für die Windenergie in der Stadt
- Leitfaden: Auf dem Weg zur eigenen Anlage
- Energieautonomie: Vom Stromnetz unabhängige Systeme
- Interview: „Wir brauchen ein einheitliches Baurecht“
- Wirtschaftlichkeit: Wie steht es mit der Rendite?
- Qualität und technische Standards: Orientierung tut Not
- Vorsicht bei „Herstellerangaben“
- Genehmigungsrecht von Kleinwindanlagen: Ein Flickenteppich
- Investitionen und Betriebskosten: Worauf zu achten ist!
- Erläuterungen zu den technischen Daten



Bitte per Fax an: +49 (0)30/28 48 21 40

- Hiermit bestelle ich \_\_\_ Ausgabe/n der BWE-Marktübersicht *spezial*: Kleinwindanlagen  
(zum Einzelpreis von je 25,- Euro)
- Bitte informieren Sie mich zukünftig per E-Mail über Angebote und Neuerscheinungen

### Bitte um Zusendung gegen Rechnung an:

(Bitte in Druckschrift schreiben!)

.....  
Name, Vorname

.....  
Firma

.....  
Straße

.....  
PLZ, Ort

.....  
Tel. / Fax

.....  
E-Mail

.....  
Ort, Datum, Unterschrift

