

ifeu -  
Institut für Energie-  
und Umweltforschung  
Heidelberg GmbH



## **Pilotstudie zur Akzeptanz vertikaler Windenergieanlagen**

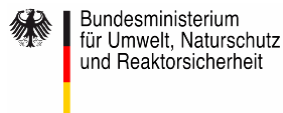
Abschlussbericht zum BMU-EE-Querschnitts-Forschungsvorhaben  
(FKZ: 0327644)

Arbeitspaket  
**Marktanalyse „Kleine Windkraft“**

Philipp Otter, Martin Pehnt

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH  
Wilckensstr. 3  
D-69120 Heidelberg

Heidelberg, Juni 2009



Die Pilotstudie zur Akzeptanz vertikaler Windenergieanlagen wurde gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Marktrecherche .....</b>	<b>4</b>
2.1	Fragebogen .....	5
2.1.1	Anwendungsgebiete.....	8
2.1.2	Investitionskosten .....	10
2.1.3	Umsetzungshemmnisse bei der Installation von kWEA aus Herstellersicht .....	13
2.1.4	Unternehmensangaben.....	14
2.1.5	Technische Performance .....	16
2.2	Feldtests.....	20
2.2.1	Warwick .....	21
2.2.2	Zeeland.....	24
<b>3</b>	<b>Kleine Windkraft in anderen Ländern .....</b>	<b>27</b>
3.1	Großbritannien.....	27
3.2	Irland .....	32
3.3	USA.....	32
<b>4</b>	<b>Empfehlungen für eine Förderung kleiner Windenergieanlagen in Deutschland .....</b>	<b>34</b>
4.1	Grundlinie .....	34
4.1.1	Säule 1: Vereinfachung der Genehmigungspraxis .....	36
4.1.2	Säule 2: Neutrale Informationen und Anlagen- und Anbietertransparenz	36
4.1.3	Säule 3: Feldversuch und darauf aufbauendes Innovationsprogramm .	36
<b>5</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>36</b>
5.1	Technische Eigenschaften der Anlagen.....	36
5.2	Weitere Marktübersichten .....	36
5.3	Fragebogen .....	36
5.4	Literatur .....	36

## 1 Einleitung

Das Ziel der hier durchgeführten Arbeit ist es, den derzeitigen Entwicklungsstand von kleinen Windenergieanlagen, im Folgenden kurz kWEA genannt, festzustellen. Neben der reinen Analyse der Anlagen werden auch die Unternehmen, deren Größe, Struktur und Verkaufszahlen bewertet.

## 2 Marktrecherche

Insgesamt scheint sich der Markt für kWEA in einer Aufbruchsstimmung zu befinden. Ende Januar 2009 bildete sich aus einer Gruppe Hersteller und Betreiber von kWEAs der „Bundesverband Kleinwindanlagen“, um die Voraussetzungen für die Verbreitung der kWEAs zu verbessern und einheitliche politische Bedingungen zu schaffen. Auf der diesjährigen „Husum new energy“ lag mit einem zweitägigen Symposium des BWE ein Fokus bei der kleinen Windkraft. Weltweit wurden 2008 19.000 Anlagen < 100 kW mit einer Gesamtleistung von 38,7 MW neu installiert, was einem Zuwachs von 53 % entspricht (ISES 2009).

Im Vergleich zur PV-Technik, bei der der Informationsfluss inzwischen gut ist und Systeme „von der Stange“ gekauft werden können, sind gleichwohl **wenige verlässliche Informationen** über kWEA verfügbar. Zwar gibt es inzwischen verschiedene Auflistungen für kleine Windenergieanlagen mit deren Leistungsdaten, Kosten, etc., jedoch enthalten diese in der Regel nur sehr wenige Informationen über die Anlagen bzw. Hersteller selbst und sind nur selten auf dem aktuellsten Stand. Neben Informationen zur Anlage sind in der Regel auch Angaben über die zu erwartenden Erträge zu finden, die von sehr unterschiedlicher Qualität und Repräsentativität sind. Insgesamt fällt es Laien daher schwer, die Aussagen über die Einsatzfähigkeit einer Anlage zu beurteilen.

Zur groben Abschätzung des Leistungspotenzials von kWEA sind Rotordurchmesser bzw. die dem Wind entgegengestellte Fläche nützlicher als die Angabe der Nennleistung. Diese wird von den Herstellern derzeit ohnehin nicht einheitlich bei einer Windgeschwindigkeit gemessen (wenn sie überhaupt gemessen wird) (Kühn 2009). Der Bundesverband Kleinwindanlagen fordert daher kurzfristig die Angabe der Leistung bei den Windgeschwindigkeiten 5, 10 und 14 m/s. Langfristig wird gefordert, die Leistung in 0,1 m/s-Schritten zwischen 4 und 7 m/s Windgeschwindigkeit anzugeben (BVKW 2009). Hilfestellungen bei der Auswahl und der Bewertung kleiner Windkraftanlagen sind beispielsweise im Internet zu finden. Hervorzuheben ist dabei die sehr gut betreute Seite [www.kleinwindanlagen.de](http://www.kleinwindanlagen.de) von Uwe Hallenga. Hier werden neben einer ausführlichen Auflistung von erhältlichen kWEA auch hilfreiche Erklärungen und Einschätzungen von „Erfahrenen“ zu den verschiedensten Anlagen gegeben.<sup>1</sup> Die Frage, ob eine Anlage die angesetzte Lebensdauer von – in der Regel 20 Jahre – tatsächlich übersteht und den nötigen technischen Anforderungen entspricht, ist jedoch nicht ohne Weiteres zu beantworten. Hier sind allgemein anerkannte Label bzw. Zertifizierungen notwendig.

---

<sup>1</sup> Die Statistik der Besucherzahlen der Webpage, welche zwischen 2005 von 28.000 auf 510.000 Besuchern im Jahre 2008 anstieg, zeugt vom steigenden Interesse an der kleinen Windkraft.

Besonders im Bereich der horizontalen Anlagen ist das Angebot derart vielfältig und gleichzeitig so variabel, dass die hier durchgeführte Analyse „nur“ als eine Bestandsaufnahme einer Reihe von Anlagen gesehen werden kann. Den in Anhang 5.2 aufgeführten Marktübersichten können ergänzend noch Informationen über weitere Anlagen entnommen werden. Wie schon angedeutet, ist die Dynamik am Markt der kWEAs sehr hoch. Selbst bei den angeschriebenen Herstellern gab es während des Projektverlaufs neben Namensänderungen (aus MARC Power wurde VENCO Power (VENCO 2009)), Beteiligungen (RWE bei Quiet Revolution (Focus 2008)) und Übernahmen auch Entwicklungseinstellungen wie beispielsweise im Falle der von SMA und aerodyn entwickelten Aerosmart 5.<sup>2</sup>

Zur Analyse des Marktes wurden vier Analyseschritte vollzogen:

- eine Herstellerbefragung mittels Fragebogen (Kapitel 2.1) unter Einbezug vorhandener Marktanalysen;
- eine Befragung von Multiplikatoren und Experten zum Entwicklungsstand und Marktpotenzial von kWEA<sup>3</sup>;
- eine Auswertung vorhandener Marktanalysen und Feldversuche (Kapitel 2.2) und
- der Besuch ausgewählter Hersteller vor Ort (Ergebnisse fließen in das gesamte Kapitel 2 ein).

## 2.1 Fragebogen

In der hier durchgeführten Marktanalyse wurden **europäische und nordamerikanische Hersteller** angeschrieben, die ihre Produkte in Deutschland anbieten und keine offensichtlichen Mängel in der Beschreibung und den Ertragsprognosen aufweisen. Trotzdem wurden auch neuartige Konzepte, wie beispielsweise die „eighthwind“ der Firma „Energy age Wind“, angeschrieben. In einer ersten Übersicht waren ca. 100 Hersteller aufgelistet. Von denen wurden dann jeweils 25 Hersteller vertikaler und horizontaler Anlagen, insgesamt also 50 Hersteller, befragt. Viele Hersteller haben dabei mehrere Anlagen kleiner Leistung im Portfolio. Die Analyse erhebt dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Die ausgewählten Hersteller erhielten einen Fragebogen in deutscher bzw. englischer Sprache, welchen sie für jeweils einen Anlagentyp separat ausfüllen sollten. Neben technischen und wirtschaftlichen Informationen zu den WEAs konnten auch Aussagen

---

<sup>2</sup> Nach Informationen von SMA wird derzeit ein Investor gesucht, welcher die Weiterentwicklung dieses technisch vielversprechenden Systems übernimmt.

<sup>3</sup> Folgende Experten wurden um eine Einschätzung gebeten:  
Jens Rauch, BWE  
Paul Kühn, ISET  
Günter Hacker, Solar-Wind-Team G. Hacker  
Fabio Pollicino, Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH  
Dr. Knud Rehfeld, Windguard  
Uwe Kröger, Bundesverband Kleinwindanlagen

über das Unternehmen selbst gemacht werden. Dabei wurden Informationen wie Anzahl der Mitarbeiter, Verkaufszahlen der letzten Jahre und Umsatz abgefragt (siehe Anhang).

Die Rücklaufquote betrug mit elf beantworteten Fragebögen 22 %. Zwei Hersteller teilten mit, dass sie die Entwicklung und den Vertrieb von kWEA eingestellt haben. Ein Hersteller wird erst 2009 die erste Anlage ausliefern und wollte sich daher nicht zum Fragebogen äußern. Einige Hersteller sendeten anstelle eines Fragebogens Informationen per Email. Da diese nur auf einige wenige Punkte des Fragebogens eingingen, wurden wichtige Kommentare berücksichtigt, jedoch nicht komplett in die Übersicht aufgenommen. Alle Hersteller wurden kurz vor „Einsendeschluss“ des Fragebogens per Mail angeschrieben. Bei fünf Herstellern wurde zusätzlich per Telefon um die Rücksendung des Fragebogens gebeten. Die befragten Hersteller von vertikalen Anlagen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 1: Angeschriebene Hersteller vertikaler WEA

	Anbieter	Land	Anlage	Web	Kommentar
1	airmax24	Deutschland	Airmax 200: 1,8 kW	<a href="http://www.airmax24.ch/">http://www.airmax24.ch/</a>	Anlage wird neu konzipiert
2	AXEPTOR AG	Deutschland	AirWinSmart 20 kW, 1 MW	<a href="http://www.axeptor.com/">http://www.axeptor.com/</a>	kaum Informationen erhältlich
3	Outsourceng Ltd.&Co.KG winDual	Deutschland	A200; A300; A500; A1k; A3k; A5k; A10k (zwischen 200 W und 10 kW)	<a href="http://www.windkraft-anlagen.com/index.htm">http://www.windkraft-anlagen.com/index.htm</a>	Vertreiber von Anlagen
4	Energietechnik Krüger	Deutschland	Windroller Typ II 2.2 (840 W)	<a href="http://www.aerosolartec.de/start.html">http://www.aerosolartec.de/start.html</a>	keine aktuellen Informationen erhältlich
5	InnoEnergie AG	Deutschland	InnoStar (3 kW)	<a href="http://www.innoenergie.de/cms/front_content.php?idcat=16">http://www.innoenergie.de/cms/front_content.php?idcat=16</a>	
6	VENCO Power GmbH (Vorher MARC Power)	Deutschland	VENCO-Twister-300-T (300 W) VENCO-Twister-1000-T (1000 W) VENCO-Vertikon-H50 (50 kW)	<a href="http://www.vencopower.com">www.vencopower.com</a>	Namensänderung im Januar
7	Neuhäuser Windtech GmbH	Deutschland	1 kW; 10 kW; 40 kW	<a href="http://www.neuhaeuser.com/windenergie/index2.htm">http://www.neuhaeuser.com/windenergie/index2.htm</a>	Antwort per Mail
8	New Energy Age	Deutschland	eightwind EW 80/1 (1 kW) eightwind EW 100/2,5 (2,5 kW) eightwind EW 160/5 (5 kW)	<a href="http://www.energy-age-wind.de">http://www.energy-age-wind.de</a>	keine Antwort
9	P con Windkraft	Deutschland	Pcon S3-X	<a href="http://www.pcon-wind.de">www.pcon-wind.de</a>	keine Antwort
10	Lehmkuhl GmbH	Deutschland	GanWind® 2.5 (2,5 kW) GanWind® 2.5 D (5 kW) GanWind® 6.0 D (20 kW)	<a href="http://www.ganwind.net/Produkte.html">http://www.ganwind.net/Produkte.html</a>	Firmenübernahme
11	RSW windenergy	Deutschland	EagleWinder teilweise gleiche WEA wie von Pcon	<a href="http://www.rs-windenergy.de">www.rs-windenergy.de</a>	keine Antwort
12	TASSA GmbH	Deutschland	Tassa WEA (5 kW) Modulare Windkraftanlagen (25 kW)	<a href="http://www.tassa.de">http://www.tassa.de</a>	Projektpartner
13	Firanko Technik	Niederlande	Flexmill (1-7.5 kW)	<a href="http://www.flexmill.nl">www.flexmill.nl</a>	keine Antwort
14	Eurowind Developments	England	VAWTMU		keine Informationen mehr erhältlich
15	Name dem IFEU bekannt				
16	Oy Windside Production Ltd.	Finnland	WS-0,30 C/B; WS-0,30A; WS-2B; WS-4A; WS-12; WS-4C; WS-2AK; WS-0,15 C/B	<a href="http://www.windside.com">www.windside.com</a>	keine Antwort
17	Ropatec Srl	Italien	SPEEDY VERTICAL WindRotor (300W) EASY VERTICAL WindRotor (1Kw) SIMPLY VERTICAL WindRotor (3Kw) MAXI VERTICAL WindRotor (6Kw) BIG STAR VERTICAL WindRotor (20Kw)	<a href="http://www.ropatec.com">www.ropatec.com</a>	Typbezeichnungen in der Auswertung sind WRE 030, WRE 060 u. WRE 200
18	Cleanfield Energy Head Office	Kanada	Cleanfield V3.5 (2,5 bis 3,5 kW)	<a href="http://www.cleanfieldenergy.com">www.cleanfieldenergy.com</a>	keine Antwort
19	Tesnic Inc.	Kanada	T10K (10 kW); T3600 (3.6 kW); T2K (2 kW); T750 (750 W)	<a href="http://www.tesnic.com/">http://www.tesnic.com/</a>	Erste 10 kW Turbine wird 2009 installiert. Für pr. Kunden soll diese ab 2010 erhältlich sein
20	WestTech Energy	Kanada	ECO 1200 (1,2 kW)	<a href="http://www.windterra.com">www.windterra.com</a>	keine Antwort
21	Home Energy International	Niederlande	Energy ball (500W)	<a href="http://www.home-energy.com/">http://www.home-energy.com/</a>	keine Antwort
22	Turby	Niederlande	Turby (2,5 kW)	<a href="http://www.turby.nl/">http://www.turby.nl/</a>	keine aktuellen Informationen mehr erhältlich
23	Silent Future Tec	Österreich	SFT 2 (2 kW, lieferbar Anfang 2009); SFT 5 (5 kW, lieferbar Mitte 2009); SFT 10 (10 kW, lieferbar Mitte 2010)	<a href="http://www.silentfuturetec.at">www.silentfuturetec.at</a>	noch nicht erhältlich
24	HelixWind	USA	S594 (3,75 kW) S322 (1,88 kW)	<a href="http://www.helixwind.com/en/">http://www.helixwind.com/en/</a>	keine Antwort
25	Nakao International Consulting & Enterprises California Corporation	USA	2 kW, 10 kW, 50 kW, 100 kW	<a href="http://www.nakaointl.com/products_energy_e/index_e.html#enecomr">http://www.nakaointl.com/products_energy_e/index_e.html#enecomr</a>	

Dunkelgrau: Rückantwort gegeben. Hellgrau-Entwicklung bzw. Verkauf finden derzeit nicht statt. Weiß: keine Rückantwort.

Neben vertikalen kWEA wurden auch Hersteller horizontaler kWEA befragt. Diese sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 2: Angeschriebene Hersteller horizontaler WEA

	Anbieter	Land	Anlage	Web	Kommentar
1	Aircon	Deutschland	Kleinwindkraftanlage AIRCON 10 (10 kW)	<a href="http://www.windmesse.de/aircon-international/welcome.html">http://www.windmesse.de/aircon-international/welcome.html</a>	Kontakt per Mail und Telefon
2	Braun Windtechnik	Deutschland	Antaris 1.5; 3.5; 5.0 kW	<a href="http://www.Braun-Windtechnik.de">www.Braun-Windtechnik.de</a>	keine Antwort
3	Conergy Wind GmbH	Deutschland	Conergy Easywind 6AC (6 kW), 6DC (7,5 kW)	<a href="http://www.conergy.de/DesktopDefault.aspx">http://www.conergy.de/DesktopDefault.aspx</a>	Conergy hat die Windsparte 2008 an Easywind verkauft; EasyWind wurde direkt angeschrieben jedoch ohne Reaktion
4	Gödecke Energie- und Antriebstechnik GmbH	Deutschland	AC120W, AC240W, AC502W, AC752W, AC1002W	<a href="http://www.aerocraft.de/aerocraft.html">http://www.aerocraft.de/aerocraft.html</a>	keine Antwort
5	moratec Elektroplanungs GmbH	Deutschland	ML 300 "Butterfly" (300 W) ML 1500 "Shark" (1550 W) ML 3000 "Air" (3000 W) ML 10 "Eko" (10 kW)	<a href="http://www.moratec.de">http://www.moratec.de</a>	Moratec hat den Vertrieb von Windenergieanlagen eingestellt
6	PARTZSCH Elektromotoren	Deutschland	Pawicon 2500	<a href="http://www.partzsch.de/produkte/windgeneratoren-service/pawicon-2500/">http://www.partzsch.de/produkte/windgeneratoren-service/pawicon-2500/</a>	
7	SinusWind GmbH	Deutschland	Home 1500 Home 3000 Professional 5000	<a href="http://www.sinuswind.de/">http://www.sinuswind.de/</a>	
8	SMA Technologie AG	Deutschland	aeroSmart5 (5 kW)		Die Weiterentwicklung und der Vertrieb ist derzeit unterbrochen
9	Superwind GmbH	Deutschland	Superwind 350	<a href="http://www.superwind.com">http://www.superwind.com</a>	keine Antwort
10	WES-Energies	Deutschland	Kleinwindkraftanlage (5 kW) Großwindkraftanlagen (???)	<a href="http://www.wes-energy.de">http://www.wes-energy.de</a>	
11	Windtechnik Geiger	Deutschland	SG 280 (1,5 kW) SG 500 (5 kW)	<a href="http://www.windtechnik-geiger.de/">http://www.windtechnik-geiger.de/</a>	keine Antwort
12	Ampair	England	Ampair 600 W, Ampair 300 W, Ampair 100 W	<a href="http://www.ampair.com/ampair/">http://www.ampair.com/ampair/</a>	
13	Eclectic Energy	England	D400 W	<a href="http://www.eclectic-energy.com/">http://www.eclectic-energy.com/</a>	keine Antwort
14	Fortis Windenergy	Niederlande	Montana Wind Turbine 5 kW	<a href="http://www.fortiswindenergy.com/">http://www.fortiswindenergy.com/</a>	keine Antwort
15	Iskra Wind Turbines Ltd.	England	AT5-1	<a href="http://www.iskrawind.com/">http://www.iskrawind.com/</a>	keine Antwort
16	Marlec Engineering Co Ltd.	England	Rutland Furlmatic 1803 (750 W)	<a href="http://www.marlec.co.uk/">http://www.marlec.co.uk/</a>	keine Antwort
17	Renewable Devices	England	Swift Rooftop 1,5 kW	<a href="http://www.renewabledevices.com/swift/index.htm">http://www.renewabledevices.com/swift/index.htm</a>	keine Antwort
18	Windsave Ltd.	England	WS 1200 W	<a href="http://www.windsave.com/">http://www.windsave.com/</a>	keine Antwort
19	Eoltec	Frankreich	Scirocco (6 kW) WindRunner WR11-25 (25 kW)	<a href="http://www.eoltec.com/index.html">http://www.eoltec.com/index.html</a>	keine Antwort
20	Wind Energy Solutions	Niederlande	WES5 Tulipo (2,5 kW)	<a href="http://www.windenergysolutions.nl/">http://www.windenergysolutions.nl/</a>	keine Antwort
21	Enwia	Polen	Enwia 8, 12, 40, 100	<a href="http://www.enwia.pl/index.php">http://www.enwia.pl/index.php</a>	keine Antwort
22	Aventa AG	Schweiz	AV-7 (6,5 kW)	<a href="http://www.avena.ch/">http://www.avena.ch/</a>	keine Antwort
23	Bornay Aerogeneradores	Spanien	Inclin 600 W, 1,5 kW, 3 kW	<a href="http://www.bornay.com/">http://www.bornay.com/</a>	keine Antwort
24	Joliet Technology SL	Spanien	ULTRA X900 1 kW, Cyclone1 (1 kW); Cyclone2 (2 kW); Cyclone3 (3 kW); Cyclone5 (5 kW); Cyclone10 (10 kW); Cyclone20 (20 kW)	<a href="http://www.joliet-wind-turbines.com">http://www.joliet-wind-turbines.com</a>	keine Antwort
25	Bergey WindPower Co.	USA	Bergey Excel (10 kW)	<a href="http://www.bergey.com/">http://www.bergey.com/</a>	keine Antwort

Dunkelgrau: Rückantwort gegeben. Hellgrau-Entwicklung bzw. Verkauf finden derzeit nicht statt. Weiß: keine Rückantwort.

Die Firma Ampair, welche nach eigenen Angaben über 1000 vertikale WEA verkauft hat, stellt diese inzwischen nicht mehr her und konzentriert sich (wieder) auf die horizontalen Anlagen.

Eine komplette Übersicht der Anlagen und deren technischen Details ist im Anhang 5.1 zu finden.

Im Folgenden werden die Antworten der Hersteller differenziert nach Anwendungsgebieten, Kosten, Umsetzungshemmnissen, Unternehmensstruktur sowie den technischen Charakteristiken analysiert.

## 2.1.1 Anwendungsgebiete

Im Fragebogen wurden die möglichen Anwendungsbereiche der kWEA und die von den Herstellern präferierten Einsatzgebiete erfragt. Technische **Nutzungsmöglichkeiten** bestehen dabei in der:

- **Inselnetzversorgung**

kWEA können in netzfernen Regionen einen Teil der Stromversorgung übernehmen. Um in Schwachwindzeiten ausreichend Energie zur Verfügung zu haben, werden die Windräder in der Regel in Verbindung mit anderen Energiequellen (PV, Wasserkraft, Dieselaggregat) zu sogenannten Hybridsystemen zusammengefasst und mit einer Batterie als Speicher kombiniert. Je nach Auslegung können diese Inselnetze mit Gleich- und/oder Wechselstrom betrieben werden. In Deutschland sind solche Systeme beispielsweise in Gartenlauben ohne Stromanschluss interessant.

- **Netzkopplung**

In Deutschland ist es in der Regel sinnvoll, das Windrad direkt an den Hausanschluss zu koppeln, ohne den Strom in einer Batterie zwischen zu speichern. Überschüssige Energie wird dann in das Netz eingespeist und über das EEG vergütet.<sup>4</sup> Unter den gegebenen Umständen ist es finanziell reizvoller, den Strom direkt zu verbrauchen (siehe Wirtschaftlichkeitsbetrachtung).

- **Windheizung**

Über einen Lastwiderstand kann der Windstrom zur elektrischen Warmwasserbereitung verwendet werden. Ökologisch, aber auch finanziell steht diese Option jedoch nicht so gut dar wie der eigene Verbrauch bzw. die Einspeisung. Zudem ist die technische Realisierung nicht ganz einfach, besonders wenn Einspeisung und Windheizung gleichzeitig realisiert werden soll (Hacker 2007).<sup>5</sup> Im Hinblick auf zukünftig mögliche Überlastungen im Niederspannungs- und Verteilnetzbereich wird diese Option für den Lastausgleich jedoch interessant (siehe Hauptbericht). Eine weitere Möglichkeit, die Energie zur Wärmebereitstellung zu nutzen, ist die Verwendung von Wärmepumpen, worauf im Hauptbericht genauer eingegangen wird. Hier stellt sich die technische Realisierung

---

<sup>4</sup> Mit der aktuellen Fassung des EEG vom 01.01.2009 entfällt bei Anlagen bis 50 kW die Verpflichtung nachzuweisen, dass am geplanten Standort min. 60 % des Referenzertrags erzielt werden können. Diese Referenzzertifikate waren für kWEA nur schwer zu erbringen und teuer.

<sup>5</sup> Wird beispielsweise der HotMax von Ropatec eingesetzt, muss auf die Netzeinspeisung bisher verzichtet werden (Bortolotti 2009). Heizstäbe müssen auf die maximale Leistung der kWEA ausgelegt sein. Weht nur wenig Wind, werden die Heizstäbe nicht heiß. Abhilfe würden hintereinandergeschaltete Heizstäbe kleiner Leistung schaffen. Bei kleinen Anlagen (< 3kW) ist hier jedoch Aufwand und Nutzen genauer zu hinterfragen (Hacker 2007).

auch einfacher dar, da eine solche Wärmepumpe mit Wechselstrom betrieben und ans Hausnetz angeschlossen wird.

**Mögliche Einsatzgebiete sind:**

- **Gebäudeintegration**

Verschiedene Konzepte ermöglichen die Nutzung von Windströmungen in bebauten Gebieten. Dabei sind die Herausforderungen für die Installation von Windenergieanlagen in diesen Gebieten zahlreicher als in anderen Gebieten. Geringe Windgeschwindigkeiten, Turbulenzen und nicht einheitliche Genehmigungspraxen erschweren den ökonomisch sinnvollen Betrieb. Der später noch vorgestellte Feldtest in Warwick macht deutlich, dass ein sinnvoller Betrieb in bebauten Gebieten kaum möglich ist.

- **Landwirtschaft**

kWEA können zur Unterstützung der Stromversorgung auf Höfen eingesetzt werden. Die Windverhältnisse sind hier besser als in bebauten Gebieten und die Genehmigungspraxis als günstiger einzuschätzen. Nach §35 Absatz 1 des BauGB sind Windturbinen als untergeordnete Anlage eines landwirtschaftlichen Betriebes privilegiert zulässig, wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen und eine dienende Funktion im Verhältnis zum landwirtschaftlichen Betrieb nachgewiesen werden kann. Dies bedeutet, dass der überwiegende Teil des erzeugten Stroms selbst verbraucht werden muss, und nur ein Teil eingespeist werden darf. Dabei muss die örtliche Nähe zum Hof gegeben sein (Brand 2008). Bei einer 5 kW kWEA werden in der Regel über 85 % des Stroms selbst verbraucht (siehe Hauptbericht).

- **Entwicklungsregionen**

Die Einsatzbedingungen in Entwicklungsregionen können nicht pauschal angegeben werden (siehe hierzu die Angaben von PSE im Rahmen dieses Projektes). Da es hier i.d.R. um die „Erstinstallation“ eines elektrischen Energieversorgungssystems bzw. um die Unterstützung vorhandener Dieselgeneratoren in netzfernen Regionen geht, stellt sich die Wirtschaftlichkeit der Anlagen anders dar als beispielsweise in Deutschland. Gleiches gilt für genehmigungsrechtliche Fragestellungen. Dem Einsatz in Entwicklungsregionen wird ein enormes Potenzial zugeschrieben mit entsprechenden **Exportmöglichkeiten**. Hierfür sind jedoch verlässliche und funktionsfähige Systeme erforderlich. Die Infrastruktur für regelmäßige Reparatur- und Wartungsarbeiten, wie das bei großen Anlagen der Fall ist, sind in der Regel nicht gegeben. Gleichzeitig müssen die Anlagen jedoch auch unter extremen Wetterbedingungen ihre Funktionstüchtigkeit unter Beweis stellen.

Tabelle 3: Einsatzmöglichkeiten der Anlagen (Quelle: IFEU-Fragebogen)

Hersteller	Modell	Anwendungsbereiche				Einsatzgebiete			
		Netzbetrieb	Inselnetz- betrieb	Windheizung	Sonstiges	Gebäude- integration	Land- wirtschaft	Entwicklungs- regionen	Sonstiges
Ampair	Ampair 100 x 0,9		x						Yacht
	Ampair 300 x 1,2		x						Yacht
	Ampair 600 x 1,7	x	x			x		x	
	Ampair 6000 x 5,5	x	x			x		x	
Partzsch	Pawicon 2500	x	x	x	Pumpe	x		x	
Sinuswind	Yacht 500		x			x	x	x	x
	Home 1500	x	x	x		x	x	x	x
	Professional 5000	x	x	x		x	x	x	x
WES Energy	WESpe	x	x	x		x	x	x	
Inno Energy	InnoStar Roof	x	x	x		x	x	x	
Nakao Intl	ENECOM 2	x	x	x	Luftkompr.	x	x	x	
	ENECOM 5	x	x	x	Luftkompr.				
	ENECOM 10	x	x	x	Luftkompr.				
Name dem Autor bekannt		x				x			
Ropatec	WRE 030	x	x	x		x	x	x	
	WRE 060	x	x	x		x	x	x	
	WRE 200	x	x	x		x	x	x	
TASSA	TASSA WEA 5kW	x	x	x			x		
VENCO	Twister-300-T	x	x	x					
	Twister-1000-T	x	x	x		x		x	privat
	Twister-1000-T	x	x	x					
winDual	A300	x	x	x		x	x	x	
	A1K	x	x	x		x	x	x	
	A5K	x	x	x		x	x	x	

blau: horizontale Anlagen, grün: vertikale Anlagen

Den Angaben der Hersteller zufolge sind 70 % der hier analysierten Anlagen für die Gebäudeintegration, 50 % für den Einsatz in landwirtschaftlichen Bereich und 70 % für den Einsatz in Entwicklungsregionen geeignet. Bei 25 % der Anlagen gaben die Hersteller zusätzliche Einsatzgebiete, wie beispielsweise den Betrieb auf Yachten und Segelschiffen an.

## 2.1.2 Investitionskosten

Die Hersteller wurden zu den Kosten ihrer Anlagen befragt. Bei den Antworten wurde jedoch nicht einheitlich auf die einzelnen Kostengruppen (Windrad, Mast, Wechselrichter) eingegangen, da die Hersteller verschiedene Fertigungstiefen haben. Daher wur-

den bei Anlagenpreisen ohne Wechselrichter pauschal 1.500 € hinzugerechnet, um die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Anlagen zu erhöhen. Demnach liegen die durchschnittlichen Anlagenkosten mit knapp 4.500 € je installierten Kilowatt etwas unter denen einer Vergleichsstudie, in der 21 in England tatsächlich installierten horizontale Anlagen (10 unterschiedliche Typen) untersucht wurden. Hier betragen die Kosten 4.780 €/kW (Syngellakis und Close 2006). Die durchschnittlichen Kosten von den neun hier untersuchten vertikalen kWEA belaufen sich nach Herstellerangaben auf 4.600 €/kW. Bei den vier horizontalen Anlagen sind es knapp 4.150 €/kW. Die Mehrkosten der vertikalen Anlagen können auf die notwendige solidere Bauweise zurückgeführt werden.<sup>6</sup> Zudem ist der Entwicklungsstand dieser Anlagen im Vergleich zu Horizontalläufnern nicht so weit fortgeschritten.

**Die von den Herstellern angegebenen Kosten können nur als untere Richtwerte angesehen werden.**

Besonders deutlich wird dies durch den Vergleich mit den Kosten des unten vorgestellten Zeeländer Feldtest. Bei den Ropatec-Anlagen wurden beispielsweise Anlagenkosten in Höhe von 12.800 € und 18.800 € für die WRE 030 (inkl. Wechselrichter) bzw. WRE 060 (inkl. Wechselrichter) angegeben. Im Feldtest betragen die Kosten der Komplettinstallation für die gleichen Systeme jedoch 30.800 € bzw. 39.160 € und damit mehr als doppelt so viel.<sup>7</sup> Einen großen Einfluss auf die Kosten hat die **Installation** der kWEA. Bei kleineren Anlagen (< 2 kW) kann und wird diese in der Regel vom Kunden selbst vorgenommen (Hacker 2009). Bei größeren Anlagen ist dies nicht immer möglich, bzw. wird vom Hersteller der Anlagen explizit ausgeschlossen, wie beispielsweise im Falle der TASSA WEA 5kW (TASSA 2009). In einer in England durchgeführten Analyse wurde mehrfach drauf hingewiesen, dass die Installationskosten stark von den örtlichen Gegebenheiten und nicht unbedingt von den Anlagen selbst abhängen. Müssen lange Leitungen verlegt werden, können die Installationskosten enorm ansteigen, was sich besonders bei kleinen Anlagen bemerkbar macht (Syngellakis und Close 2006).

In der folgenden Tabelle sind die Kosten der untersuchten Anlagen, soweit wie möglich nach Kostengruppen, aufgeschlüsselt angegeben. Zusätzlich wurden die im Zeeländer Feldtest angegebenen Kosten dargestellt. Wie oben schon angedeutet liegen die durchschnittlichen Gesamtkosten mit ca. 7.200 €/kW o. MwSt. deutlich höher als durch die Hersteller vorerst angegeben, sind aber Praxiswerte und damit eher als Richtgröße zu verwenden.

---

<sup>6</sup> Bei vertikalen Anlagen kommt es während einer Drehung des Rotors zu ständigem Lastwechsel, wodurch besonders der Turm stabiler ausgelegt werden muss. Zudem müssen Resonanzerscheinungen berücksichtigt werden.

<sup>7</sup> Nach Rücksprache mit Ropatec, lag der Kostenunterschied darin, dass es sich bei der ursprünglich in Zeeland zu installierenden Anlage um ein 20 kW Modell handeln sollte und Fundament und Mast entsprechend groß dimensioniert wurden.

Tabelle 4: Kostenübersicht der untersuchten kWEA

Kostenübersicht												
Turbinenart	Name	Modell	Leistung	Windrad [€]	Mast [€]	Fundament [€]	Wechselrichter [€]	Installation [€]	Komplett- preis [€] o. MwSt.	spez. Kosten (Hersteller- angaben) [€/kW]	Komplett- preis [€] m. MwSt.	spez. Kosten m. MwSt [€/kW]
h	Ampair	Ampair 600 x 1,7 (230V)	0,6	3.190			inkl.		<b>3.190</b>	5.317	3.796	6.327
h	Partzsch	Pawicon 2500	2,5	4.390	2.490		1.590		<b>8.470</b>	3.388	10.079	4.032
h	WES Energy	WESpe	5,0	15.900	inkl.		1.500	inkl.	<b>17.400</b>	3.480	20.706	4.141
h	Aircon	Aircon 10	9,8	42.930	(18m)		inkl.		<b>42.930</b>	4.381	51.087	5.213
v	winDual	A300	0,3	1.696					<b>1.696</b>	5.653	2.018	6.727
v	winDual	A1K	1,0	2.960			1.500		<b>4.460</b>	4.460	5.307	5.307
v	VENCO	Twister-1000-T	1,0	7.500			inkl.		<b>7.500</b>	7.500	8.925	8.925
v	Ropatec	WRE 030	3,0	12.800			inkl.		<b>12.800</b>	4.267	15.232	5.077
v	winDual	A5K	5,0	12.250			1.500		<b>13.750</b>	2.750	16.363	3.273
v	TASSA GmbH	TASSA WEA 5kW	5,0	27.370	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	<b>27.370</b>	5.474	32.570	6.514
v	Ropatec	WRE 060	6,0	18.800			inkl.		<b>18.800</b>	3.133	22.372	3.729
v	Name dem IFEU bekannt		7,6	40.000	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	<b>40.000</b>	5.263	47.600	6.263
v	Ropatec	WRE 200	20,0	58.000			inkl.		<b>58.000</b>	2.900	69.020	3.451
Durchschnittliche spezifische Kosten:										<b>4.459</b>		<b>5.306</b>
Bei den folgenden Anlagen handelt es sich um die tatsächlichen Gesamtkosten der im Zeeländer Feldtest getesteten Anlagen												
h	Southwest	Skystream	2,4	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	<b>9.027</b>	3.761	10.742	4.476
h	Zephyr	Air Dolphin	1,0	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	<b>14.746</b>	14.746	17.548	17.548
h	Renew. Dev.	Swift	1,5	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	<b>11.099</b>	7.399	13.208	8.805
h	Fortis	Passat	1,4	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	<b>7.764</b>	5.546	9.239	6.599
h	Fortis	Montana	5,0	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	<b>15.553</b>	3.111	18.508	3.702
h	Ampair	Ampair 600 x 1,7 (230V)	0,6	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	<b>7.500</b>	12.500	8.925	14.875
v	Turby	Turby	2,5	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	<b>17.941</b>	7.176	21.350	8.540
v	Energy Ball	Energy Ball	1,0	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	<b>3.634</b>	3.634	4.324	4.324
v	Ropatec	WRE 030	3,0	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	<b>25.934</b>	8.645	30.862	10.287
v	Ropatec	WRE 060	6,0	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	<b>32.909</b>	5.485	39.162	6.527
Durchschnittliche spezifische Kosten:										<b>7.200</b>		<b>8.568</b>

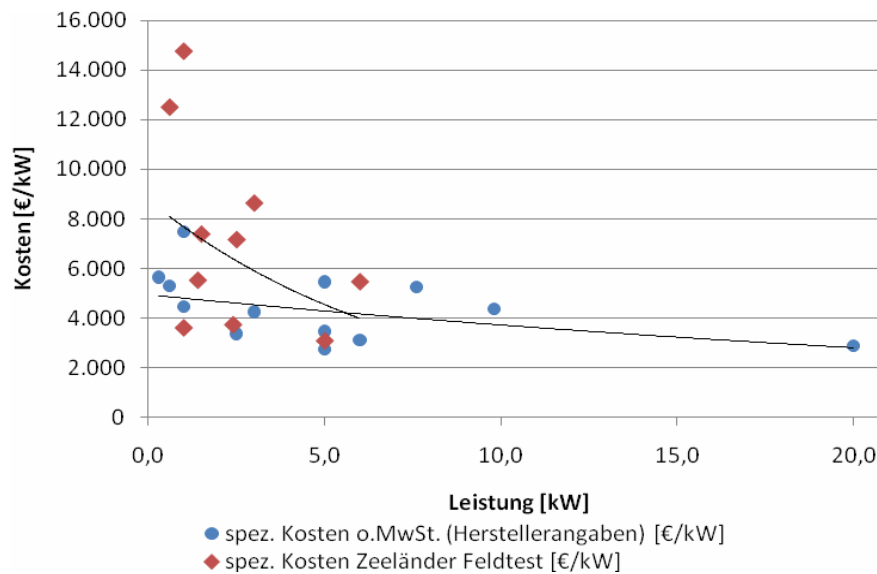


Abbildung 1: Spezifische Kosten in Abhängigkeit von der Anlagegröße (obere Linie, Regressionskurve für Zeeländer Anlagen, untere Linie Regressionskurve für Anlagen nach Herstellerangaben) (Quelle: IFEU-Fragebogen und (Klimbie 2008))

Die realen Preise pro Kilowatt schwanken zwischen 3.100 (5 kW-Anlage) und 14.700 € o. MwSt. (1 kW-Anlage). Diese großen Unterschiede sind zum einen mit der unterschiedlichen Leistung der Anlagen begründet, weisen aber auch auf eine nicht vollständige Marktreife der einzelnen Anlagen hin.

### 2.1.3 Umsetzungshemmnisse bei der Installation von kWEA aus Herstellersicht

Die Hersteller nennen unterschiedliche Hemmnisse, die der Markteinführung von kWEA entgegenstehen. Insbesondere werden unterschiedliche **Genehmigungspraxen** der Bundesländer und **ungeklärte rechtliche Fragen zur Installation** dieser aufgeführt (von Herstellern, die schon Anlagen in Deutschland installiert haben). So können selbst bei kleinen Anlagen (< 2 kW), die in erster Linie zum Selbstverbrauch genutzt werden sollen und bei denen nicht die Intention besteht, ins öffentliche Netz einzuspeisen, die **Kosten für eine Genehmigung** leicht im Bereich der gesamten Anlagenkosten liegen und daher abschrecken (Schleeff 2009) (Kröger 2009).<sup>8</sup> Einige Hersteller holen die Genehmigungen im Rahmen des Kaufvertrags ein und geben ihren Kunden somit rechts- und finanzielle Sicherheit.

Weitere Hemmnisse sind **geringe finanzielle Unterstützung** seitens der Politik und hohe Fertigungskosten der Anlagen. Entsprechend fallen die Ideen zu Lösungsansätzen aus. Fast alle Hersteller wünschen sich eine **erhöhte Einspeisevergütung**. Die geforderte Höhe schwankt dabei zwischen 20 und 45 ct/kWh bzw. einer Gleichberechtigung mit der PV-Technologie. Wurden **Investitionszuschüsse** gefordert, schwanken

<sup>8</sup> In einem weiteren Arbeitspapier der Pilotstudie zu vertikalen WEA wird darauf genauer eingegangen.

diese zwischen 20 und 40 % je Anlage. Der Tabelle 5 können alle Aussagen der Hersteller zu den Hemmnissen und möglichen Lösungsansätzen entnommen werden.

Tabelle 5: Hemmnisse und mögliche Lösungsansätze für die Verbreitung von kWEA (Quelle: IFEU-Fragebogen)

Hersteller	Hemmnisse							mögliche Lösungsansätze			
	Umständl. Genehmigungsverfahren	einschränkende rechtliche Bedingungen	mangelnde Vertriebswege	mangelnde Organisation	zu geringe EEG-Vergütung	zu hohe Fertigungs- u. Entwicklungskosten	Sonstiges	rechtliche Bedingungen	Erhöhte EEG Vergütung	Markteinführungsprogramm	Sonstiges
Ampair									wie PV		
Partzsch	x (umständl. Baugenehmigung, Typprüfung)	x			x			vereinfachte Baugenehmigung; einfache Typeneingenehmigung	35-45 ct/kWh EEG-Wärme	10% bis 1000€/Anlage	
Sinuswind	x	x							30 ct/kWh	20%	
WES Energy	x (keine einheitliche Regelung)	x			x	x		Genehmigungsfreiheit	25 ct/kWh		
Inno Energy					x	x			20 ct/kWh	30%	
Nakao Intl.			x			x					Verpflichtung von WEAAs auf hohen Gebäuden
Name dem Autor bekannt		x			x				x	x	net metering
Ropatec	x (unberechtigter Vergleich mit Großwindkraft)	x (Baugenehmigung, Verlagen nach 2. Bremssystem für kWEA)			x				35 ct/kWh	30%	net metering, Zuschuss von 50% bei Windheizung, Zuschuss komulierbar mit EEG-Vergütung
TASSA					x				wie PV		
VENCO	x (komplettes Baugenehmigungsverfahren und Einzelnachweise)							Baugenehmigungsfreiheit bis 10m		40%	net metering
WinDual	x (ungeklärte und ortsabhängige Baurechtsslage)	x (ausgewiesene Windvorangebiete in Naturschutzgebieten aber Verbot für kWEA)							20 ct/kWh	27%	

## 2.1.4 Unternehmensangaben

Neben Angaben zu den Anlagen wurden die Hersteller nach dem Unternehmen selbst befragt (Tabelle 6).

Tabelle 6: Angaben zu den Herstellerfirmen<sup>9</sup> (Quelle: IFEU-Fragebogen)

Hersteller	Unternehmensangaben				Referenzen
	Arbeitet im Bereich kWEA	Anzahl der Mitarbeiter	Turbinen verkauft		
Ampair	seit 1973	k.A.	> 20.000	England	
Partzsch	2000	13	47	Ossig, Wemmungen, Leipzig, Roßwein	
Sinuswind	seit 2002	12	k.A.	Deutschland, Österreich, Türkei Schweiz	
WES Energy	seit 2000	15	16	St. Michaelisdonn (Deutschland)	
Inno Energy	2005	5	0	--	
Nakao Intl	2001	20	~ 50	Japan	
Name dem Autor bekannt	2006	35	k.A.	Greenwich, Dartmouth, Liverpool, Essex, Croydon	
Ropatec	1996	12	~ 550	Rimini, Sardinien (Italien),	
TASSA	2005	7	1	Celle (Deutschland)	
VENCO	2007	11	k.A.	Oldenburg, Schleswig, Cuxhaven (Deutschland)	
winDual	2004	1	k.A.	Österreich, England, Australien, USA	

Fast alle Unternehmen, welche auf den Fragebogen geantwortet haben, sind sehr jung. Einzig Ampair aus England ist mit seinen Turbinen schon seit über 30 Jahren am Markt existent und hat eine größere Zahl von horizontalen Anlagen verkauft. Diese werden zumeist zur Stromversorgung auf Yachten eingesetzt und sind nicht für die Netzkopplung konzipiert. Die größere Ampair 600, welche auch zur Hausversorgung geeignet ist, ist auch erst seit einigen Jahren erhältlich. Aus der geringen Anzahl der Mitarbeiter und den wenigen verkauften Turbinen lässt sich schließen, dass es sich beim Großteil um kleine Unternehmen handelt.

Die Fertigungstiefe der Anlagen ist bei jedem Hersteller unterschiedlich. Nur von zwei Herstellern werden Generator, Flügel, Mast und Regelungstechnik selbst produziert. Einige stellen dagegen nur einzelne Komponenten her und lassen den Rest extern fertigen. Zusätzlich werden speziell für eine Anlage entwickelte Komponenten, wie der HotMax der Firma Ropatec, hergestellt.

<sup>9</sup> Eine Überprüfung der hier angegebenen Daten ist im Rahmen dieses Projektes nicht möglich.



Abbildung 2: Fertigung verschiedener kWEA

Auch der Vertrieb der Anlagen ist bei den Herstellern unterschiedlich geregelt. Dabei haben viele Hersteller Vertragspartner, welche die Anlagen in einer Region vertreiben. Einige Hersteller vertreiben die Anlagen jedoch auch selbst und stehen in direkten Kontakt mit ihren Kunden. Eine Auflistung der Fertigungstiefe und dem Vertrieb der einzelnen Anlagen ist der Tabelle 11 im Anhang zu entnehmen.

## 2.1.5 Technische Performance

### Lärm

Gegenüber Windenergieanlagen herrschen oftmals Vorbehalte aufgrund von Geräuschemissionen. Besonders in bzw. in der Nähe von bebauten Gebieten ist die Sorge über zusätzliche Geräuschemissionen berechtigt. Derzeit gibt es keine speziellen

Richtlinien, welche von kWEA eingehalten werden müssen.<sup>10</sup> Geräuschemissionen von kWEA entstehen durch zweierlei Effekte.

- **Tonale Geräusche** beruhen auf der Rotation des Propellers mit einer dominierenden Frequenz (bei horizontalen kWEA), beispielsweise beim Turmdurchgang der Blätter.
- **Breitbandige Geräusche** treten zufällig, aperiodisch, beispielsweise durch Turbulenzen an den Rotorblättern, auf.

Neben der Entfernung zum Windrad spielen Frequenz des Geräuschs (Luftabsorption), Bodenbeschaffenheit, Geländeprofil, Wettereinflüsse und Windrichtung eine Rolle bei der Geräuscheinwirkung und sind somit standortsspezifisch (Pantazopoulou 2009).

In Tabelle 7 sind die Angaben der Hersteller zur Geräuschemission aufgelistet. Diese beruhen i.d.R. auf eigene Messungen und sind aufgrund der uneinheitlichen Richtlinien nicht vergleichbar.

---

<sup>10</sup> Im Rahmen der Baugenehmigung wird die Einhaltung der Grenzwerte nach TA-Lärm, der sogenannte "Beurteilungspegel", geprüft. Dieser wird an den betroffenen Orten (z.B. die nächste Wohnbebauung) per Schallprognose errechnet. In Wohngebieten gilt ein Nachtwert von 45 dB(A), in Kur- und Erholungsgebieten gilt ein Wert von 35 dB(A).

	Schallmessung	Leistungs-messung	Zertifikate/ Richtlinien
Ampair			G83/1 (Empfehlung für den Netzanschluss von Generatoren bis 16 A) BS EN 61400-2, BS EN IEC 60335-1, etc.
Partzsch	94 dB(A) bei 11 m/s (gemessen von Akkustik und Ing. Consult Frankfurt O.)	durchgeführt mit Referenzanlage über 2 Jahre	
Sinuswind	28-45 dB(A) (Yacht 500), 30-40 dB(A) (Home 1500 u. Professional 5000)	eigene Leistungsmessung	
WES Energy	keine	eigene	keine
Inno Energy	keine	keine	keine
Nakao Intl	keine	keine	keine
Name ist IFEU bekannt	48dB(A) bei 35m Entfernung und 10m/s Windgeschwindigkeit / (eigener Standard da bisher kein vorhanden ist gemessen v. ISVR)	eigene	keine
Ropatec	42 dB(A) eigene Angaben	eigene Angaben Belgrad Militärinstitut (2008)	laufendes Zertifizierungsverfahren
TASSA	keine	keine	keine
VENCO	35 dB(A) bei 300 W Anlage bei 6 m/s und 6 m Abstand	bei DEWI	laufendes Zertifizierungsverfahren
winDual	27 dB(A) eigene Angaben	eigene	

Tabelle 7: Herstellerangaben zu Geräuschemissionen, Leistungsmessung und vorhandenen-Zertifizierungen (Quelle: IFEU-Fragebogen)

Ein Hersteller entwickelte einen eigenen Standard für die Schallemissionen der Anlage in städtischen Gebieten. Demnach „darf“ eine Anlage ein Geräuschlevel von 50 dB(A) verursachen. Nach Angaben des Herstellers ist das Geräuschniveau in städtischen Gebieten in der Regel höher als 50 dB(A).

Umgebungsgeräusche, welche bei größerer Windgeschwindigkeit zunehmen (z.B. Bäume im Wind), können den Effekt der kWEA überblenden, so dass keine zusätzliche Emission der kWEA bemerkbar ist.

## Leistungskurve

Die Leistungskurven der einzelnen Anlagen, normiert je Kilowatt Nennleistung, sind in Abbildung 3 dargestellt. Die Werte beruhen auf Herstellerangaben. Inwieweit diese der

Realität entsprechen, kann auf Grund der vorliegenden Informationen nicht beurteilt werden. Der Tabelle 7 ist zu entnehmen, unter welchen Umständen diese gemessen wurden.

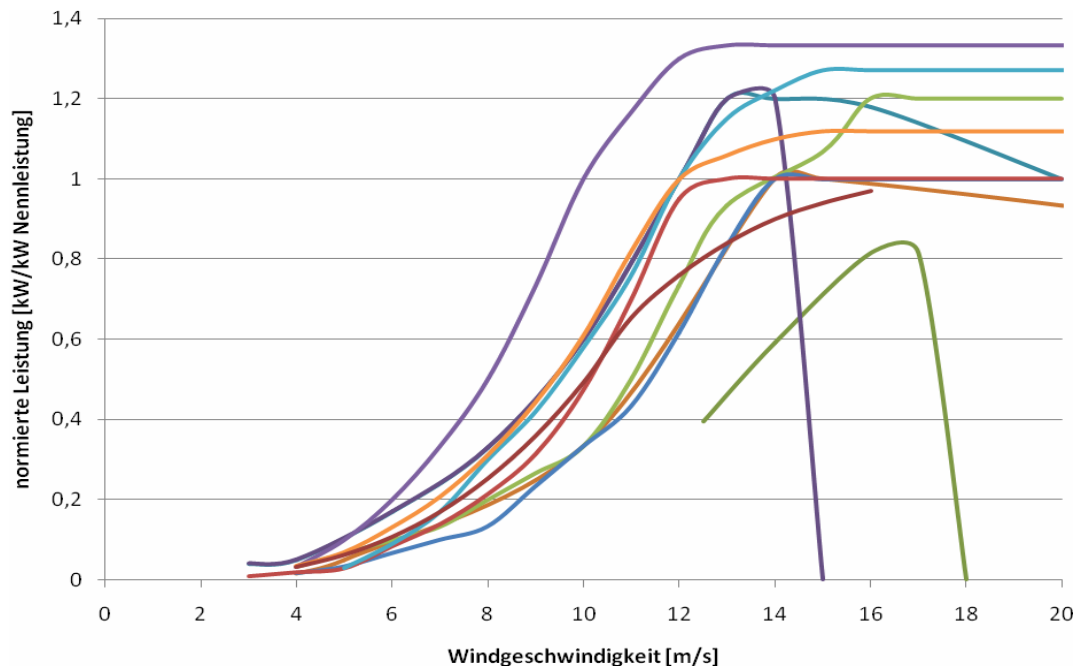


Abbildung 3: Leistungskurven vertikaler Anlagen (Quelle: IFEU-Fragebogen)

Die vertikalen Anlagen zeigen recht unterschiedliche Leistungscharakteristiken. Dies rührt zum einen daher, dass einige Kurven die Ergebnisse von Messungen wieder spiegeln, andere errechnet wurden.

Bei der Abbildung wird zudem deutlich, dass es **keine einheitlichen Bestimmungsvorschriften für die Nennleistung** gibt, da diese von allen Herstellern bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten angegeben wird und die Anlagen somit nicht direkt verglichen werden können. Hier ist es dringend nötig, einheitliche Vorgaben zu machen.<sup>11</sup>

Die meisten Anlagen können eine höhere Leistung erzielen als die Nennleistung, wodurch einige Kurven weiter nach links rücken. Ein Vergleich der Investitionskosten beispielsweise wird somit erschwert. Daher wurde in Abbildung 4 die maximale Leistung der Anlagen als Bezugspunkt gewählt und vertikale mit horizontalen Anlagen verglichen.

<sup>11</sup> Bei einer im Zeeländer Feldtest getesteten Anlage wird die Nennleistung mit 1 kW bei 12,5 m/s Windgeschwindigkeit angegeben. Die maximale Leistung liegt mit 3,2 kW bei 20 m/s jedoch deutlich darüber. Auch wenn die Unterschiede bei den hier analysierten Anlagen nicht so groß sind, können sie so nur schwer verglichen werden.

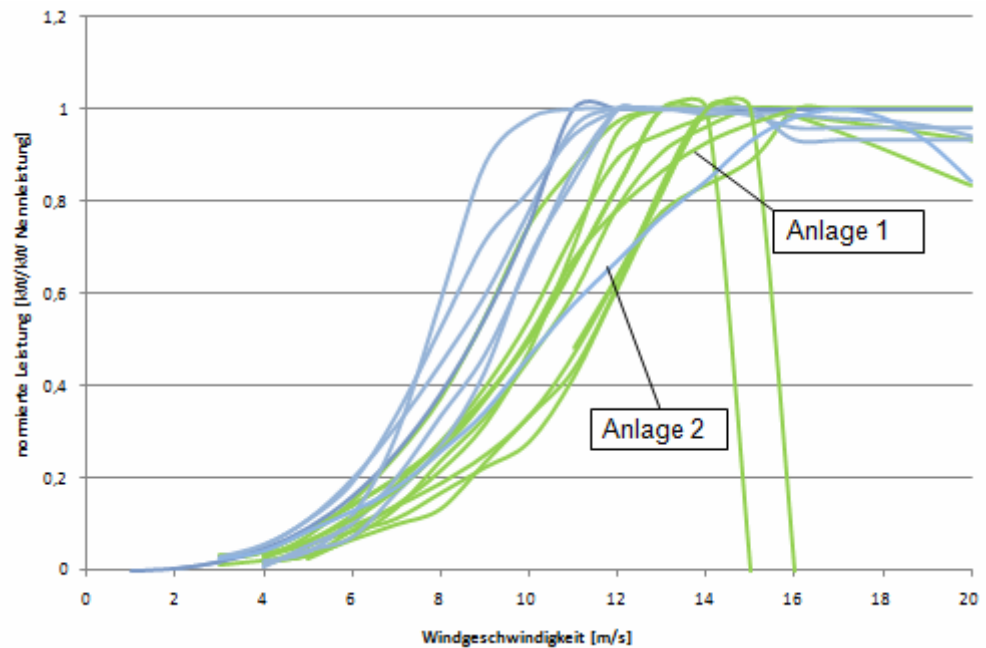


Abbildung 4: Vergleich der normierten Leistungskurven vertikaler und horizontaler kWEA (blau: horizontal, grün: vertikal; rot: in der Wirtschaftlichkeitsanalyse betrachtete Anlagen)

Zwischen den Leistungskurven sind **erhebliche Unterschiede** in der Leistungscharakteristik zu finden, was großen Einfluss auf die zu erzielenden Erträge hat. Die meisten Anlagen sind dabei in der Lage, die Leistung nach Erreichen der Nennleistung konstant, bzw. bei etwas geringerer Leistung bis über 20 m/s zu halten. Die Abschaltgeschwindigkeiten der einzelnen Anlagen ist dabei der Tabelle 11 zu entnehmen. Die in der Grafik auffallend frühen Abschaltgeschwindigkeiten dienen zum Schutz von „fragil“ ausgeführten Anlagentypen. Die Anlaufgeschwindigkeit der Anlagen liegt i.d.R. zwischen 3 und 4 m/s. Da die Windgeschwindigkeiten an den Aufstellungsstandorten von kWEA i.d.R. gering sind, ist es wichtig, dass die Anlagen möglichst früh anfangen, Strom zu erzeugen, um nennenswerte Erträge zu erzielen. Eine Anlage, die erst bei 5 m/s anläuft, wird in Deutschland nur an wenigen Standorten sinnvoll betrieben werden können.

In der Abbildung wird zudem der **Unterschied zwischen vertikalen und horizontalen Anlagen** deutlich. Letztere erreichen im Allgemeinen ihre Nennleistung bei geringeren Windgeschwindigkeiten.

## 2.2 Feldtests

Schon in den frühen 1990iger Jahren wurden Untersuchungen zur Einsatzfähigkeit von kWEA unternommen. Eines ist das vom ISET über 15 Jahre durchgeführte „wissenschaftliche Mess- und Evaluations Program (WMEP)“. In diesem wurden Daten von 30 zwischen 1990 und 1996 installierten Anlagen mit einem Rotordurchmesser unter 7 m ausgewertet und zusammengefasst. Viele der Hersteller dieser Anlagen sind heute nicht mehr am Markt vertreten. Es konnten jedoch wertvolle Informationen zu Leistung, Beständigkeit und Ausfallgründe gesammelt werden. Demnach waren Ausfälle an e-

lektrischen und mechanischen Komponenten Hauptursache für Beanstandungen. Im Durchschnitt fiel eine Anlage alle zwei Jahre einmal aus. Durch den geringen spezifischen Ertrag ist der Einfluss von notwendigen Reparaturen hier jedoch besonders stark spürbar und führte mit 15 ct/kWh zu deutlich höheren Betriebskosten als bisher angenommen. Zudem waren die Standzeiten der Anlagen aufgrund mangelnder Infrastruktur und Serviceleistungen länger als bei großen Anlagen üblich (Kühn 2007).

In den vergangenen Jahren wurden mehrere, auch hier vorgestellte Anlagen in verschiedenen Langzeittests untersucht und miteinander verglichen. Herauszuheben sind dabei der kürzlich fertiggestellte Feldtest in Warwick, England und der noch durchgeführte Vergleichstest in Zeeland, Niederlande. Die (vorläufigen) Ergebnisse dieser Tests werden im Folgenden kurz geschildert.

### 2.2.1 Warwick

Zwischen Oktober 2007 und 2008 wurden an 26 Standorten in England kleine netzgebundene Windturbinen unter 2 kW (einige hiervon sind auch in der Marktanalyse vertreten) auf ihre Einsatz- und Funktionsfähigkeit in **städtischen Gebieten** getestet (Hilles et al. 2009). Es wurden anhand von Herstellerangaben prognostizierte Erträge mit den tatsächlichen Erträgen verglichen und untersucht, inwieweit vorhandene Windvorhersagemodelle mit der Realität übereinstimmen. Die getesteten Anlagen stammen von fünf, in Großbritannien ansässigen Unternehmen und wurden alle unter realen Marktverhältnissen an verschiedene Kundenkreise verkauft. Dementsprechend variieren die Aufstellungsarten (vom kleinen Mast bis hin zum Hochhaus) der Anlagen und die örtlichen Gegebenheiten (flaches Land am Stadtrand bis hin zu stark bebauten Gebieten). Der Test zeigte aufgrund mangelnder Beständigkeit vieler Anlagen deutlich, dass die Technik noch nicht komplett ausgereift ist. Als problematisch stellten sich die Wechselrichter, das Steuerungsgerät und die Haltbarkeit von Blättern und Windfahnen heraus. Zudem kam es aufgrund von Undichtigkeiten zum Eindringen von Wasser. Die Hersteller arbeiteten jedoch stark an der Behebung der festgestellten Mängel.

Die Windgeschwindigkeiten in Großbritannien können für jeden Ort mit Hilfe eines Strömungsmodells (NOABL), welches topographische Verhältnisse berücksichtigt, berechnet werden. Damit ist es nicht direkt für bebauten Gegenden anwendbar, was zu Abweichungen der vorhergesagten Windgeschwindigkeit von über 40 % bei 19 der 26 Anlagen führte. Mit Skalenfaktoren, welche sich aus den Messwerten ergaben, konnten die Abweichungen der Vorhersagen auf max. 20 % (bei 10 Anlagen waren Abweichungen von nur 10 % möglich) reduziert werden. Zudem musste die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten für die verschiedenen Standortstypen angepasst werden. Da die Windgeschwindigkeiten i.d.R. überschätzt wurden, liegen die tatsächlich möglichen Erträge um Faktoren (bis zum Faktor 9) unter denen der auf vorhandene Winddaten aufbauenden Ertragsrechnungen. **Die tatsächlichen Erträge der Anlagen lagen dann noch einmal um Faktoren zwischen 1,7 und 3,4 darunter.** Letzteres ist auf Ungenauigkeit der von den Herstellern gelieferten Leistungskurven, den Windmessdaten und der Anpassungsgeschwindigkeit der Leistungselektronik zurückzuführen. In Abbildung 5 sind die errechneten Erträge aufbauend auf den gemessenen Winddaten und den dann tatsächlich erzielten Erträgen gegenübergestellt.

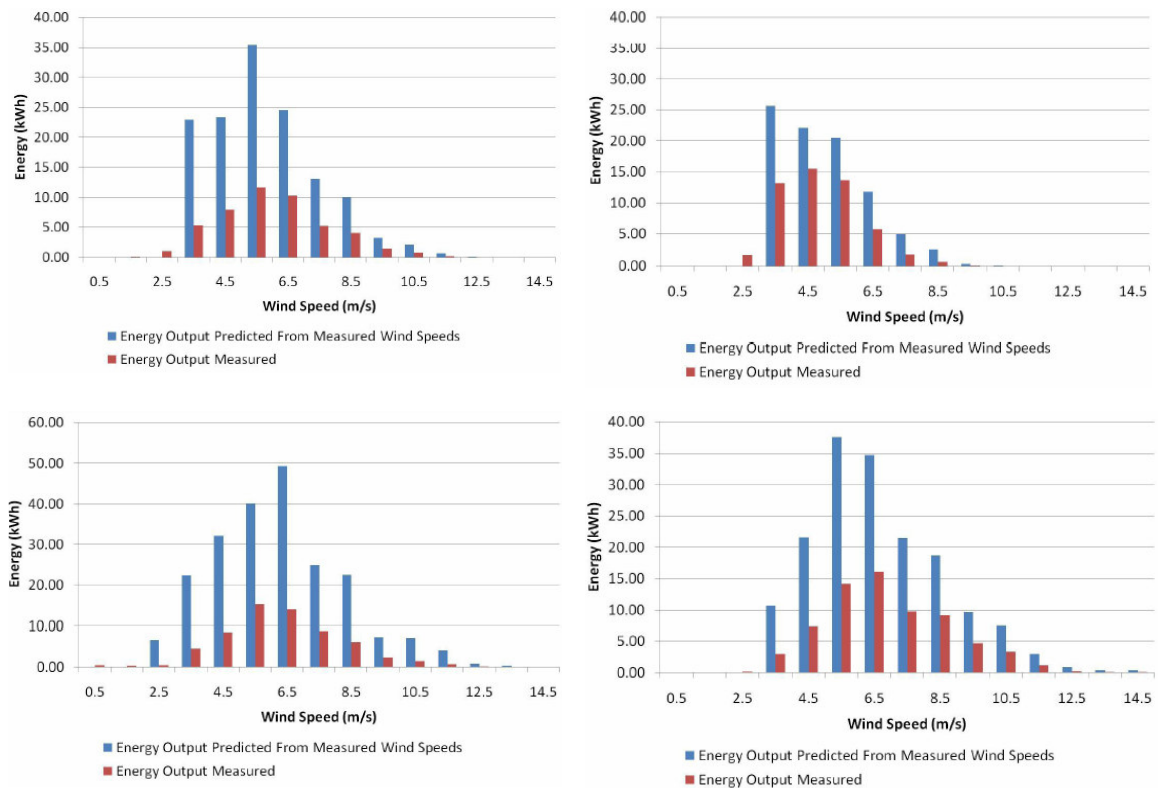


Abbildung 5: Gegenüberstellung errechneter Energieausbeute aufbauend auf gemessene Winddaten (blau) und tatsächlicher Erträge von kWEA (rot), v.l.n.r. Eclectic StealthGen D400, Ampair 600, Zephyr Air Dolphin Z1000, Windsave WS1000  
Quelle: (Hailes et al. 2009)

Aus den gemessenen Einspeise- und Windmessdaten konnten tatsächliche (auf der Praxis basierende) Leistungskurven erstellt und mit den von den Herstellern angegebenen verglichen werden.<sup>12</sup> Stimmen diese Angaben bei geringen Windgeschwindigkeiten gut mit der Realität überein, variieren sie sehr stark bei höheren Windgeschwindigkeiten, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Warum diese enormen Diskrepanzen zustande kommen, sollte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

<sup>12</sup> Alle zehn Minuten wurde die Durchschnittsgeschwindigkeit mit der in diesen Zeitraum eingespeisten Energie korreliert.

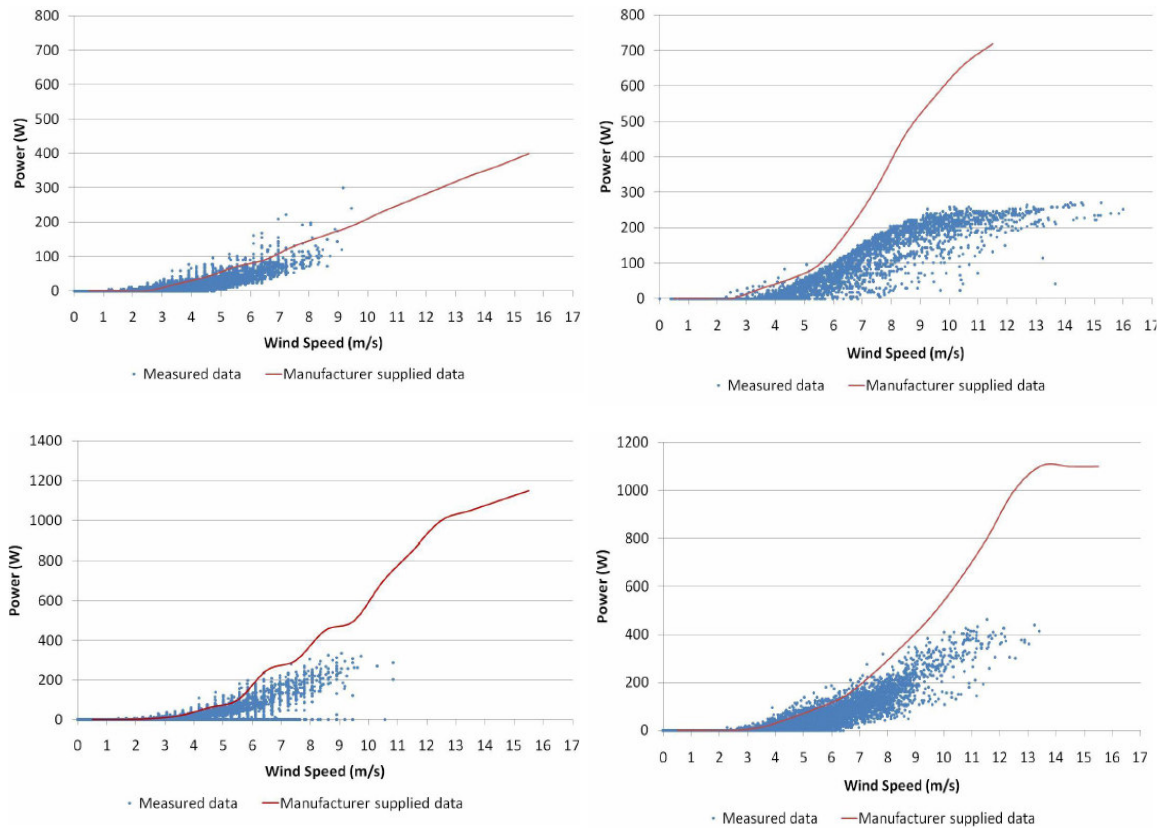


Abbildung 6: Vergleich von Leistungskurven der Hersteller mit gemessenen Werten, v.l.n.r. Eclectic StealthGen D400, Ampair 600, Zephyr Air Dolphin Z1000, Windsave WS1000

Quelle: (Hailes et al. 2009)

Der Test zeigte, dass der Kapazitätsfaktor der kWEA in den Zeiträumen, in denen die Anlagen tatsächlich funktionierten zwischen 16,54 % und 0,29 % schwankt und im Durchschnitt bei 0,85 % liegt.<sup>13</sup> Dieser Wert ist im Vergleich zu den großen Anlagen mit 20 - 30 % deutlich kleiner, sollte aber, nach Angaben des Autors, für eine realistische Planung in bebauten Gebieten beim derzeitigen Entwicklungsstand der Anlagen Beachtung finden. Der obere Wert von 16,54 % zeigt jedoch, dass optimal ausgelegte und funktionierende kWEA in der Lage sind, gute Erträge zu erwirtschaften. **Der Autor des Feldtests weist explizit darauf hin, dass die schlechten Ergebnisse in erster Linie mit den schwierigen Windverhältnissen in bebauten Gebieten zusammenhängen und nicht auf freistehende WEA und die Windkraft im Allgemeinen bezogen werden können.** Zudem hat die BWEA (British Wind Energy Association) inzwischen Standards (siehe Abschnitt 3.1) herausgegeben, an denen sich die Hersteller bei der Entwicklung und Auslegung ihrer Anlagen orientieren können. Da es diese Standards vor der Durchführung des Feldtests nicht gab, ist davon auszugehen, dass sich die Zuverlässigkeit der Anlagen inzwischen erhöht hat. Auch die Messung der Leistungskurve ist in Großbritannien inzwischen standardisiert.

<sup>13</sup> Als Kapazitätsfaktor wird der Quotient aus maximal möglichen Erträgen bei Nennwindgeschwindigkeit mit den tatsächlichen Erträgen in einem bestimmten Zeitraum bezeichnet.

## 2.2.2 Zeeland

In der Provinz Zeeland (Niederlande) wird vom örtlichen Energieversorger Delta derzeit ein Feldtest mit horizontalen und vertikalen kWEA durchgeführt. Die Performance von elf Anlagen unterschiedlicher Hersteller wird hier unter gleichen Bedingungen zeitgleich gemessen und miteinander verglichen. Einige der getesteten Hersteller waren auch in der hier vorgestellten Marktanalyse vertreten. Beim Standort handelt es sich um flaches Gelände mit wenig Bewuchs und moderaten bis guten Windverhältnissen. Er ist damit repräsentativ für den Einsatz von kWEA im **ländlichen Raum**. Alle Anlagen sind auf 12 Meter hohen Masten installiert und speisen ihre Energie ins örtliche Stromnetz ein. Nach Angaben des Herstellers Fortis war es für die Initiatoren des Feldtests zuerst schwierig, genügend Hersteller zu finden, welche bereit waren, ihre Anlagen einem solchen „öffentlichen“ Test zu unterziehen (Klimbie 2008). Folgende Anlagen wurden getestet:

Tabelle 8: Im Zeeländer Feldtest vertretene Anlagen

Modell	Kosten [€]
1- Windwalker	-
2- Ampair - 600	8.925
3- Turby	21.350
4- Fortis - Montana	18.508
5- Fortis - Passaat	9.239
6- Home Energy Internatl. - Energy Ball	4.334
7- Ropatec - WRE 030	30.862
8- Renewable Devices - Swift	13.208
9- Zephir - Airdolphin	17.548
10- SWW - SkyStream	10.742
11- Ropatec - WRE 060	39.162

(Erste im Bild vorne rechts)



Quelle: (Klimbie 2008)

In Abbildung 7 sind in blau die über einen Zeitraum von 11 Monaten (1. April 2008 bis 28. Februar 2009) erzielten Erträge der einzelnen Anlagen (interpoliert auf 12 Monate) dargestellt. Die roten Linien stellen dabei die erwarteten Erträge dar.

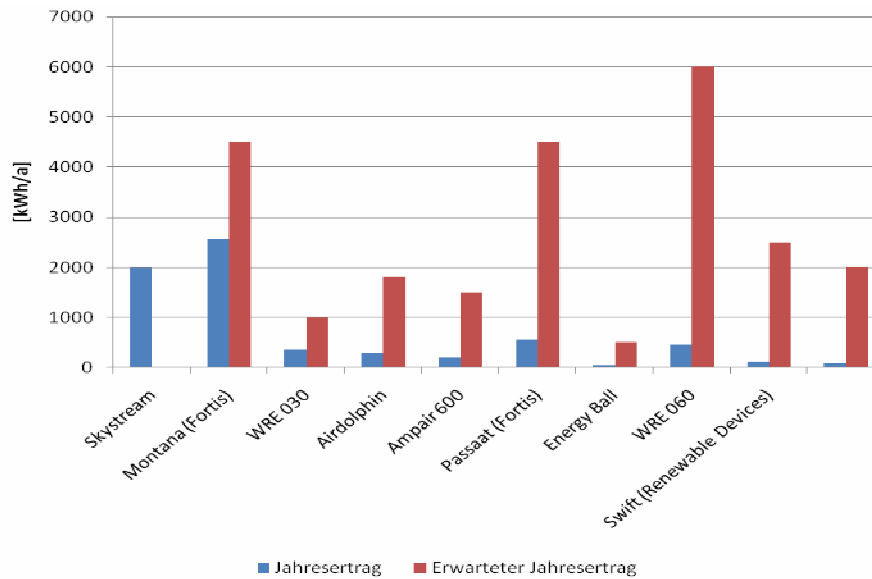


Abbildung 7: Erträge der kWEA im Zeelander Feldtest (Shareman 2009) (Klimbie 2008)

Es zeigt sich, dass die Erträge deutlich hinter den Erwartungen zurück bleiben. Vertikale Systeme schneiden im Allgemeinen schlechter ab als horizontale, sind dabei aber deutlich teurer. Erzielt die Fortis Montana Anlage mit 57 % des erwarteten Ertrags noch „gute“ Ergebnisse, so ist die Einsetzbarkeit von Anlagen, welche nur 5 % der angegebenen Erträge erzielen, in Frage zu stellen. Neben Problemen mit den Anlagen selber spielten hier auch unzulässige Netzparameter und ungünstige Windverhältnisse eine Rolle für das schlechte Abschneiden der Anlagen.<sup>14</sup> Zudem wurde von verschiedenen Herstellern vorgebracht, dass die Anlagen nicht entsprechend der IEC-Norm getestet wurden. Demnach stehen sie zu nah aneinander und schatten sich gegenseitig ab, weil die Hauptwindrichtung nicht senkrecht, sondern schräg zum Testfeld steht (Bortolotti 2009).

<sup>14</sup> Durch den Anschluss aller Anlagen an einem Strang kam es vereinzelt zu Unregelmäßigkeiten im Netz, worauf sich die Wechselrichter vom Netz trennten (Was sie unter solchen Bedingungen auch tun sollten).

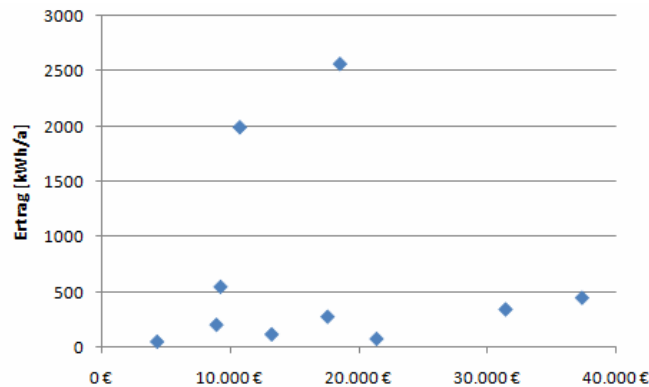


Abbildung 8: Korrelation zwischen Anlagenkosten und Erträgen

Die Kostenanalyse zeigt, dass es keine Korrelation zwischen den Kosten und den Erträgen einer Anlage gibt. Die größeren Erträge wurden mit horizontalen Anlagen erzielt.

#### Ergebnisse Feldtests

Die beiden vorgestellten Feldtests zeigen deutlich, dass die Anlagen im Allgemeinen nicht die beworbenen Erträge erzielen. Dies hängt zum einen mit den ungünstigen Windverhältnissen an den Aufstellungsorten, zum anderen jedoch auch mit technischen Schwierigkeiten der Anlagen zusammen. Um die Technologie in der breiten Anwendung etablieren zu können, sind deutliche Verbesserungen in Beständigkeit und Erträgen nötig. Andererseits werden diese weiterhin „nur“ als Nischenprodukt für sehr spezielle Fälle angewendet werden. Dies wurde in einigen Ländern schon erkannt, woraufhin spezielle Förderprogramme und Vorgaben entwickelt wurden, welche im folgenden Kapitel vorgestellt werden.

Der **Entwicklungsstand von kWEA** aufbauend auf den Ergebnissen der Marktanalyse, der Experteninterviews und der Feldtests ist bei vielen Anwendungen noch nicht als marktreif zu bezeichnen. Viele Anlagen befinden sich noch im Entwicklungsstadium. Dabei sind Probleme mit der Kopplung von Generator und Regelungselektronik (Kühn 2009), dem optimalen Zusammenspiel von Generator und Windrad (Hacker 2009) und mangelnde Dauerfestigkeit (Brenner 2009) einige noch zu meisternde Herausforderungen. Besonders bei der Leistungselektronik ist darauf zu achten, dass der Wechselrichter nicht nur genau auf das Windrad und den Generator, sondern auch an den Aufstellungsort angepasst ist. Neben der Windverteilung spielen auch geographische Höhe und die unmittelbare Umgebung eine Rolle. Eine kWEA muss also individuell eingestellt werden, was einem breiten Verkauf über ein Händlernetz entgegensteht (Hacker 2009).

Zudem gibt es enorme Unterschiede in der Qualität der Anlagen, welches sich auf den Preis, die Leistung und die Haltbarkeit dieser auswirkt. Häufig werden einzelne Komponenten extern gefertigt, welche dann auch Schwachpunkte der Anlagen sein können (Hacker 2009), (Bortolotti 2009). Im Detail sind die Anlagen so unterschiedlich, dass die einzelnen Komponenten nicht, wie beispielsweise bei der PV-**Technik**, beliebig miteinander kombiniert werden können. Anlagen sollten daher als komplettes Paket entwickelt und vertrieben werden.

### 3 Kleine Windkraft in anderen Ländern

In anderen Ländern ist das Interesse an kleinen Windenergieanlagen ähnlich groß wie in Deutschland. Besonders in Großbritannien und den USA gibt es Bestrebungen, diese Technologie zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien zu etablieren. Eine Vielzahl von langjährig am Markt vertretenen Herstellern, durchgeführte Feldtests und klare Richtlinien zeugen von der Erfahrung, die mit kWEA gesammelt wurden. Im Gegensatz zum deutschen Bundesverband Windenergie vertreten die englischen und amerikanischen Verbände die kleine Windkraft seit langem und stellen nützliche Informationen für Anwender, Hersteller und Kommunen bereit.<sup>15</sup>

#### 3.1 Großbritannien

Nach Angaben der BWEA (British Wind Energy Association), nahm die Zahl der in Großbritannien installierten kWEA in den letzten Jahren enorm zu. Allein 2008 wurden knapp 7.900 Anlagen installiert. Für 2009 wird mit über 13.500 neuen Anlagen gerechnet wie die folgende Abbildung zeigt.

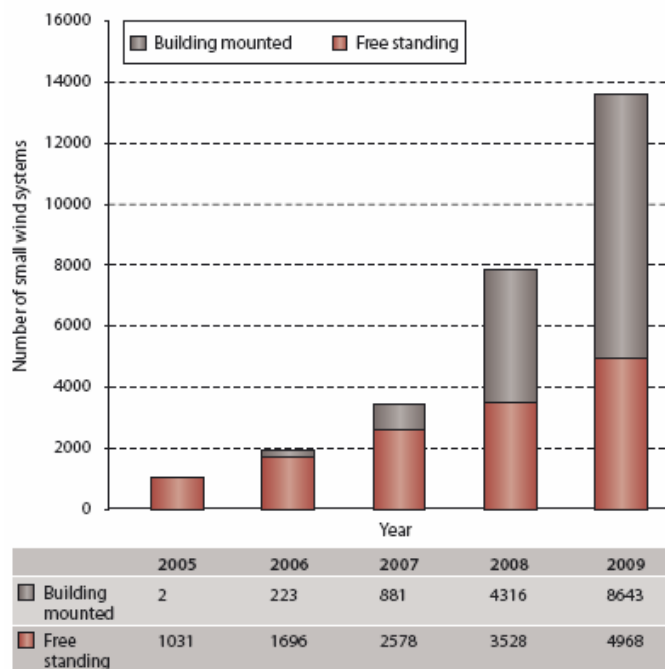


Abbildung 9: Jährlich in Großbritannien installierte kWEA

In Großbritannien gibt es seit 2006 das sogenannte „Low Carbon Buildings Programme Phase 1 (LCBP)“, mit dem je Haushalt ein Zuschuss von bis zu 2.670 € (£2.500) für kleine Energieerzeugungsanlagen gewährt werden kann.<sup>16</sup> Neben PV-Anlagen, So-

<sup>15</sup> Eine erste nützliche Handreichung wurde vom BWE auf der Husum New Energy im März 2009 herausgegeben. Der BWE und der neu gegründete Bundesverband Kleinwindanlagen haben eine enge Zusammenarbeit vereinbart (Kröger 2009).

<sup>16</sup> Maximal £ 1,000 je installierten kW bis zu einem maximalen Fördervolumen von £2.500 bzw. 30 % der Gesamtkosten.


larthermieanlagen, Mikro KWK, etc. werden auch kleine Windturbinen bezuschusst. Um einen solchen Zuschuss zu erhalten, müssen die Anlage selbst und der Installateur vom MCS zertifiziert sein.<sup>17</sup> Dieses soll optischen und akustischen Vorbehalten entgegenkommen und die Einhaltung von Naturschutzrichtlinien gewährleisten. Zudem muss der Bewerber nachweisen, dass sein Gebäude bestimmte Mindestrichtlinien an Wärmedämmung, Beleuchtung und Heizungssteuerung erfüllt und für die jeweilige Erzeugereinheit ein sogenanntes „Permitted Development Right“ erlangt.<sup>18</sup> Die Anforderungen für eine solche Erlaubnis wurden 2008 für kleine Energieerzeugungssysteme gelockert und sind landesweit gültig.<sup>19</sup> Für kWEA stehen die exakten Konformitäten jedoch noch aus, sollen aber 2009 beschlossen werden. Bis dahin wird noch auf die örtlichen Behörden verwiesen. Insgesamt sind die Informationsmöglichkeiten zur kleinen Windkraft, besonders von öffentlichen Behörden, sehr vielfältig, übersichtlich und konkret. Sollten Fragen nicht über die sehr gut strukturierte Homepage geklärt werden können, steht eine kostenlose und kompetente Hotline zur Verfügung (Abbildung 10):

---

<sup>17</sup> Zur Zertifizierung muss der Installateur bei der Zertifizierungsstelle vorsprechen und mindestens eine installierte Anlage kontrollieren lassen.

<sup>18</sup> Dachbodendämmung mit 270 mm Mineralwolle oder vergleichbares, Hohlwanddämmung, Installation von Energiesparlampen, Heizungsregelung mit Raumthermostat und Timer

<sup>19</sup> PV-Anlagen, Solarthermieanlagen, MikroKWK, Wärmepumpen, etc. benötigen generell keine Genehmigung für den Bau.




Department for Business  
Enterprise & Regulatory Reform

Low Carbon Buildings Programme

- Home
- About the grant programme
- ▶ Microgeneration technologies
- Solar PV
- Biomass
- Wind turbines
- Small scale hydro
- Solar thermal hot water
- Ground source heat pumps
- Air Source Heat Pumps
- How to apply
- Information and resources
- Contacts
- Useful links
- Latest news
- Renewable Energy headlines

## Microgeneration technologies



### Microgeneration technologies

The BERR's low carbon buildings grant will fund a number of technologies including:

- [Solar photovoltaics](#)
- [Wind turbines](#)
- [Small hydro](#)
- [Solar thermal hot water](#)
- [Ground source heat pumps](#)
- [Air source heat pumps](#)
- [Bio-energy](#)
- [Renewable CHP](#)
- [MicroCHP \(Combined heat and power\)](#)
- [Fuel cells](#)


To be eligible to receive a low carbon buildings grant you must use a certified installer and a certified product.

[Click here for details of certified installers of the following technologies:](#) solar thermal, solar photovoltaics, wind turbines, small scale hydro turbines, ground source heat pumps, air source heat pumps, wood fuelled boilers and pellet boilers.

[Click here to find certified products for the following technologies:](#) solar thermal, solar photovoltaics, wind turbines, small scale hydro turbines, ground source heat pumps, air source heat pumps, wood fuelled boilers and pellet boilers.

[Click here to find details of additional eligible solar thermal products certified under the Solar Keymark Certification Scheme.](#)

## Wind turbines



Modern wind turbines use the wind's lift forces to turn aerodynamic blades that turn a rotor which creates electricity.

**Wind energy**

In the UK we have 40% of Europe's total wind energy. But it's still largely untapped and only 0.5% of our electricity requirements are currently generated by wind power.

Wind power is proportional to the cube of the wind's speed, so relatively minor increases in speed result in large changes in potential output. Individual turbines vary in size and power output from a few hundred watts to two or three megawatts (as a guide, a typical domestic system would be 2.5 - 6 kilowatts, depending on the location and size of the home).

Uses range from very small turbines supplying energy for battery charging systems (e.g. on boats or in homes), to turbines grouped on wind farms supplying electricity to the grid.

**Small scale wind and your home**

Wind speed increases with height so it's best to have the turbine high on a mast or tower. Generally speaking the ideal siting is a smooth-top hill with a flat, clear exposure, free from excessive turbulence and obstructions such as large trees, houses or other buildings.

**Please note that the electricity generated at any one time by a wind turbine is highly dependent on the speed and direction of the wind. The windspeed itself is dependent on a number of factors, such as location within the UK, height of the turbine above ground level and nearby obstructions. Ideally, you should undertake a professional assessment of the local windspeed for a full year at the exact location where you plan to install a turbine before proceeding. In practice, this may be difficult, expensive and time consuming to undertake. Therefore we recommend that, if you are considering a domestic building mounted installation and electricity generation is your main motivation, then you only consider a wind turbine under the following circumstances:**

- The local annual average windspeed is 6 m/s or more. An approximate figure for your location can be checked on [BERR website](#).
- There are no significant nearby obstacles such as buildings, trees or hills that are likely to reduce the windspeed or increase turbulence

If you are in any doubt, please consult a suitably qualified professional.

Abbildung 10: Screenshots der Homepage des „Low Carbon Buildings Programme“ mit Ausschnitt für die Förderung von kWEA  
Quelle: (LCBP 2009)

Auf der Seite wird beispielsweise explizit darauf hingewiesen, dass bei der Installation von kWEA (zur Stromerzeugung) auf Gebäuden eine mittlere jährliche Windgeschwindigkeit von min 6 m/s vorherrschen muss und es in der näheren Umgebung keine Hindernisse wie Gebäude, Bäume oder Hügel geben darf (eine Forderung, welche in Deutschland den größten Teil der möglichen Standorte als ungeeignet erscheinen lassen würde). Interessierte in England werden direkt auf eine Seite weitergeleitet, um die am jeweiligen Standort zutreffende Windgeschwindigkeit zu ermitteln. Zudem können auf der Homepage des LCBP zertifizierte Installateure, nach Regionen sortiert, abgerufen werden. Die Liste der zertifizierten Anlagen ist ebenfalls verlinkt. Die hier aufgelisteten Anlagen erfüllen alle die Anforderungen der BWEA für kleine Windenergieanlagen.<sup>20</sup> Der Verband folgt hierbei maßgeblich den Vorgaben der Richtlinie IEC 61400<sup>21</sup> und insbesondere der IEC 61400-2 (Wind turbines – Part 2: Design requirements for small wind turbines)<sup>22</sup>. Bei Abweichungen vom genannten Standard wird explizit darauf hingewiesen (BWEA 2007). Das Label ist so lange gültig, wie nachgewiesen wird, dass die gestellten Anforderungen erfüllt werden. Diese werden regelmäßig überprüft. Zusätzlich werden noch Qualitätsanforderungen an den herstellenden Betrieb gestellt, welche jährlich kontrolliert werden (Factory audit).

Tabelle 9: Bisheriges Fördervolumen des LCBP und Anzahl der geförderten Unternehmungen

Technology	Total Committed £	Total Committed	Total Paid £	Total Paid	Total Apps	Paper Apps	Online Apps
Air Source Heat Pump	114.220,76	127	17.100,00	19	139	9	130
Biomass Room Heater/Stove (Automated Wood Pellet Feed )	17.839,50	36	5.297,55	10	85	9	76
Ground Source Heat Pump	787.141,00	657	513.541,13	429	955	263	692
Heat Pumps (Air)	0,00	0	0,00	0	3	3	0
Small Scale Hydro	17.600,00	5	15.500,00	4	11	5	6
Solar Photovoltaic	6.339.145,84	1630	5.655.748,99	1343	1903	614	1289
Solar Thermal Hot Water	2.095.966,28	5243	1.818.442,02	4549	6474	1991	4483
Wind Turbine	1.534.985,84	682	1.413.417,89	623	2065	626	1439
Wood Fuelled Boiler System	677.347,48	459	471.642,21	320	682	150	532
<b>Total for all technologies</b>	<b>11.584.246,70</b>	<b>8839</b>	<b>9.910.689,79</b>	<b>7297</b>	<b>12317</b>	<b>3670</b>	<b>8647</b>

<sup>20</sup> <http://www.microgenerationcertification.org/Home+and+Business+Owners/Microgeneration+Products/Wind+Turbines/Wind+Turbines>

<sup>21</sup> 61400-12 (Power Performance), 61400-11:2003 (Noise Measurements)

<sup>22</sup> Als Small Wind Turbines werden nach IEC alle Anlagen mit einer umstrichenen Fläche unter 200 m<sup>2</sup> bezeichnet. Der Bundesverband Kleinwindanlagen will sich hier für eine weitere Unterscheidung der Größenklassen mit verschiedenen Anforderungen einsetzen (BVKW 2009).

Quelle: (LCBP 2009)

Mit dem Programm wurden in Großbritannien inzwischen rund 700 kWEA mit einem Fördervolumen von knapp 1,5 Mio. € bezuschusst (siehe Tabelle 9). Werden diese Zahlen mit den Angaben der BWEA verglichen, wurden jedoch nur ca. 5 % der im Zeitraum des LCBP aufgestellten über das Programm selbst gefördert.

Der Netzanschluss von kWEA, welche pro Phase weniger als 16 A einspeisen, kann in England unter den vereinfachten Bedingungen nach der „Engineering Recommendation“ G83/1 an das Netz geschlossen werden. Aufgrund der geringen Einflüsse auf die Netzführung ist die Erfüllung ausgedehnter Sicherheitsüberprüfungen und Untersuchungen möglicher Netzschwankungen etc., wie sie bei großen Anlagen von der Richtlinie G59/1 gefordert werden, nicht notwendig.

### **3.2 Irland**

In Irland wurde Ende Februar ein Pilotprojekt ins Leben gerufen, mit dem innerhalb der nächsten drei Jahre 4.000 kleine erneuerbare Energieerzeugungsanlagen (Microgeneration) mit einer festen Einspeisevergütung für nicht selbst verbrauchte Energie von 19 ct/kWh vergütet werden (über einen Zeitraum von fünf Jahren, für jeweils die ersten 3.000 kWh pro Jahr - danach werden 9 ct/kWh gezahlt). Gefördert werden neben der kleinen Windkraft auch mini-(bzw. micro)-KWK, PV- und Wasserkraftanlagen. Für einen landesweiten Feldtest werden des Weiteren ca. 50 ausgesuchte Anlagen mit 40 % der Investitionskosten bezuschusst. Dabei wird versucht ein möglichst großes Spektrum bezüglich Technologie, Leistungsklasse und Aufstellungsort abzudecken.

Jede dieser Anlagen wird mit dem Ziel überwacht, Erfahrungen bezüglich Einsetzbarkeit, Installations- und Wartungspraxis, Erträge, Umwelteinflüsse etc. zu sammeln und daraus zukünftige Potenziale und langfristige Förderprogramme für kleine erneuerbare Energieerzeugungsanlagen abzuleiten.

Auf den Webseiten des Irischen Energieministeriums, des Programms „Sustainable Energy Ireland“ und des Netzbetreibers ESB können detaillierte Informationen für die Anschlussbedingungen der Energieerzeugungsanlagen und für die Bewerbung für die Förderung heruntergeladen werden.<sup>23</sup>

### **3.3 USA**

Im Jahre 2007 wurden knapp 9.100 kWEA mit einer kumulierten Leistung von 9,7 MW und einem Investitionsvolumen von US\$ 42 Mio. installiert. Dies macht eine Steigerung von 14 % gegenüber 2006 aus. Insgesamt sind damit in den USA 55 - 60 MW kWEA-Leistung installiert (AWEA 2008).

Die kleine Windkraft wird in den USA als integraler Bestandteil der Etablierung von Erneuerbaren Energien gesehen, ist entsprechend gut durch die American Wind Energy

---

<sup>23</sup> [http://www.esb.ie/esbnetworks/generator\\_connections/micro\\_gen\\_connections.jsp](http://www.esb.ie/esbnetworks/generator_connections/micro_gen_connections.jsp)

Association (AWEA) vertreten und wird über verschiedene Förderprogramme speziell gefördert. Die Informationsvielfalt bezüglich kWEA ist ausgereifter als hierzulande. So gibt die AWEA „Guidelines“ für örtliche Behörden raus, die beschreiben, wie beispielsweise mit der Genehmigungspraxis von kWEA zu verfahren ist.

### Net Metering :

In den USA besteht seit Jahren besonders in ländlichen Regionen über das sogenannte Net-Metering die Möglichkeit, kWEA an das Netz zu schließen und überschüssigen Strom einzuspeisen. Großer Vorteil des Netmeterings ist die Verwendung des vorhandenen (rücklauffähigen) Stromzählers. Dieser dreht sich bei Einspeisung von Überschussstrom entgegengesetzt und reduziert somit den in Rechnung gestellten Strombezug. Die Abrechnung der eingespeisten Energie ist ohne zusätzlichen Aufwand und Kosten, welche z.B. bei der Verwendung eines zusätzlichen Zählers entstehen würde, möglich. Derzeit müssen in 30 US-Staaten zumindest einige Energieversorger Net-Metering anbieten.

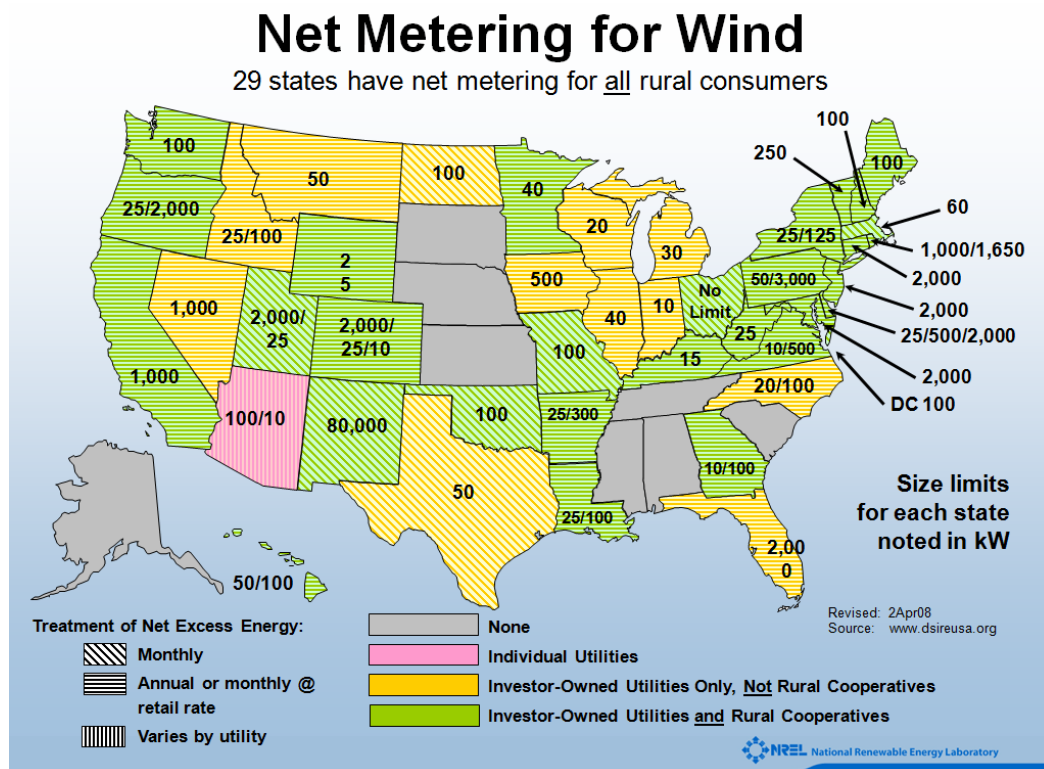


Abbildung 11: Übersicht der US-Staaten mit Net-Metering Programmen für kWEA

In den Staaten Kalifornien, Minnesota, Illinois, Rhode Island und Michigan gibt es seit Mai 2008 auch Einspeisetarife für dezentrale erneuerbare Energieerzeuger (auch kWEA), welche oberhalb der jeweiligen Strombezugskosten liegen. Zusätzlich bieten die Staaten unterschiedliche Anreize für die Installation von kWEA. Diese können über die „Database of State Incentives for Renewables & Efficiency“ abgerufen werden (NCSU 2009).

### Beispiel Kalifornien:

In Kalifornien gibt es beispielsweise das „Emerging Renewables Program“, mit denen kWEA und Brennstoffzellen gefördert werden. Dabei werden die ersten 7,5 kW einer kWEA mit US\$ 2,50 je Watt gefördert. Bis zu den maximalen 30 kW werden dann noch US\$ 1,50 gezahlt (siehe Tabelle 10). Bei einer 10 kW Anlagen beträgt die Förderung somit US\$ 22.500.

Tabelle 10: Förderraten für kWEA und Brennstoffzellen in Kalifornien

Technology Type	Size Category	Rebate Offered
Fuel Cells using a renewable fuel	Less than (<) 30 kilowatts	\$3.00 per watt
Wind	First 7.5 kilowatts	\$2.50 per watt
	Increments between > 7.5 kW and < 30 kW	\$1.50 per watt

Quelle: (CEC 2009)

Zur Nutzung des Förderprogramms wird dem Nutzer ein Guidebook zu Seite gestellt, in dem alle notwendigen Informationen zur Errichtung einer solchen Anlage gegeben sind.<sup>24</sup> Zusätzlich sind Listen mit allen in Frage kommenden Anlagen und Komponenten abrufbar. Alle Geräte müssen mindestens fünf Jahre Herstellergarantie aufweisen, um den Kunden gegen Betriebsausfälle abzusichern. Weitere Voraussetzungen, welche von den Geräten erfüllt sein müssen, können dem Guidebook entnommen werden (IEC Normen können, müssen aber nicht angewandt werden) (CEC 2009).

## 4 Empfehlungen für eine Förderung kleiner Windenergieanlagen in Deutschland

Dieses Kapitel fasst die Marktanalyse, die Erfahrungen aus den Feldtests und die Länderbeispiele zusammen und leitet daraus Fördermöglichkeiten ab, mit denen die breite Einführung der kWEA in Deutschland vorangetrieben werden kann. In Deutschland werden kWEA bisher nicht explizit gefördert. Soll überschüssige Energie eingespeist werden, kann dieser Strom mit der derzeitigen EEG-Vergütung für große Anlagen vergütet werden.<sup>25</sup> Zinsgünstige Kredite für eine Anlage können beispielsweise im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien – Standard (270) bezogen werden. Direkte Investitionszuschüsse gibt es bisher nicht.

### 4.1 Grundlinie

Ausgangspunkte für die Formulierung von Fördervorschlägen für kWEA sind die folgenden Erkenntnisse:

<sup>24</sup> <http://www.energy.ca.gov/2009publications/CEC-300-2009-002/CEC-300-2009-002-F.PDF>

<sup>25</sup> Am günstigsten stellt sich daher bisher der komplette Eigenverbrauch dar.

- Die kWEA können heute im Allgemeinen noch nicht wirtschaftlich betrieben werden (siehe Wirtschaftlichkeitsanalyse im Hauptbericht).
- Die Feldtests verweisen auf technische Probleme bezüglich Standfestigkeit und Kombination der notwendigen Komponenten (Windrad, Generator, Netzkopplung).
- Viele Hersteller sind noch sehr neu am Markt und haben bisher nur wenige Anlagen aufgestellt.
- Der Standort ist von großer Bedeutung für den Stromertrag der Anlage. Angesichts der nicht zumutbaren Aufwendungen für detaillierte Standortanalysen ist die Vorhersage der Performance und die Entwicklung von Skalierungsfaktoren des Ertrags in Abhängigkeit vom Standort und den Anlagenspezifikationen von großer Bedeutung.
- Die Feldtests zeigen, dass die tatsächlich realisierten Erträge zum Teil erheblich unter den vorhergesagten Erträgen liegen.
- Das Interesse an der kleinen Windkraft ist gleichwohl groß ist und die Branche beginnt, sich zu organisieren.

Wir folgern daraus, dass eine verstärkte und zugleich gezielte Förderung notwendig ist, um die gesammelten Erfahrungen der kleinen Windkraft zu bündeln und somit die Technologie mit hohen Qualitätsstandards zur Marktreife zu entwickeln. Durch Ankurbelung des Marktes ist zudem mit Kostenreduktion zu rechnen. Um dies zu erreichen, schlagen wir folgende Säulen einer Förderstrategie vor:

- **Erhöhung der Anlagen- und Anbietertransparenz durch:**
  - Erstellung von Qualitätsstandards, Zertifikaten und Labeln
  - Pilot-/Feldtest
- **Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, Serienreife und Dauertauglichkeit durch gezielte Förderung eines Feldtests (1.000 Windmühlen-Programm) und die anschließende Förderung qualitätsgeprüfter Produkte**
- **Vereinfachung der Genehmigungspraxis**

Unabhängig der Art einer Förderung muss deutlich gemacht werden, dass es sich bei der kWEA um eine **junge Technologie** handelt. Eine Förderung soll nicht suggerieren, dass die Produkte durchgehend marktreif sind und immer die Erwirtschaftung einer Rendite ermöglichen. Sie sollte technologieneutral sein nicht zwischen vertikalen und horizontalen Anlagen unterscheiden. Ob sich eine Technologie durchsetzt wird letztendlich der Markt entscheiden. Zudem müssen für den sinnvollen Betrieb von kWEA eine ganze Reihe von Grundvoraussetzungen, allem voran **ausreichende Windverhältnisse**, erfüllt sein. Selbst wenn viele Hersteller versprechen, dass ihre Anlagen schon bei sehr geringen Windgeschwindigkeiten anlaufen, ist die zur Verfügung stehende Leistung bei geringen Windgeschwindigkeiten sehr klein. Genaue Kenntnisse über die Windverhältnisse sind daher wichtig. Eine Möglichkeit zu Standortbeurteilung

bietet die Firma Insesus, welche für ca. 500 € ein Gerät zur Verfügung stellt, um eine dreimonatige Messreihe mit anschließender Auswertung durchzuführen. Venco Power bietet eine Berechnung der Windverhältnisse für 900 € je Standort an, welche auf verschiedene Windmodelle aufbauen. Diese Ergebnisse sind jedoch nicht auf bebaute Gebiete anwendbar.

Die Kosten von **großen WEA** je Kilowatt installierter Leistung betragen derzeit durchschnittlich ein Viertel bis ein Fünftel der Kosten von kWEA, erbringen durch ihre Dimension, Aufstellungsort und Höhe jedoch deutlich höhere Erträge. Stromgestehungskosten von unter 10 ct/kWh sind hiermit ohne weiteres möglich. Einem weiteren Ausbau der großen Windkraft stehen vermehrt Restriktionen von Gemeinden und Naturschutzverbänden gegenüber, so dass neue Standorte für die Windräder nur selten verfügbar sind.

**Daher ist es für den Einsatz von kWEA wesentlich, dass diese nicht in Konkurrenz zu großen WEA treten (potenziell für große WEA geeignete Standorte sollten nicht durch kWEA belegt sein), da große WEA deutlich produktiver sind.**

#### 4.1.1 Säule 1: Neutrale Informationen und Anlagen- und Anbietertransparenz

(1) Um ein Mindestmaß an Qualität und Betriebssicherheit zu gewährleisten, müssen die Anlagen allgemein anerkannte **Richtlinien** erfüllen. Großbritannien hat hier ein im Prinzip beispielhaftes vereinfachtes Zertifizierungsverfahren vorgelegt (siehe Abbildung 8/1). Dieses fordert:

- Performance-Test,
- definierte Schallmessung,
- Sicherheitstest,
- Dauerhaftigkeitstest.

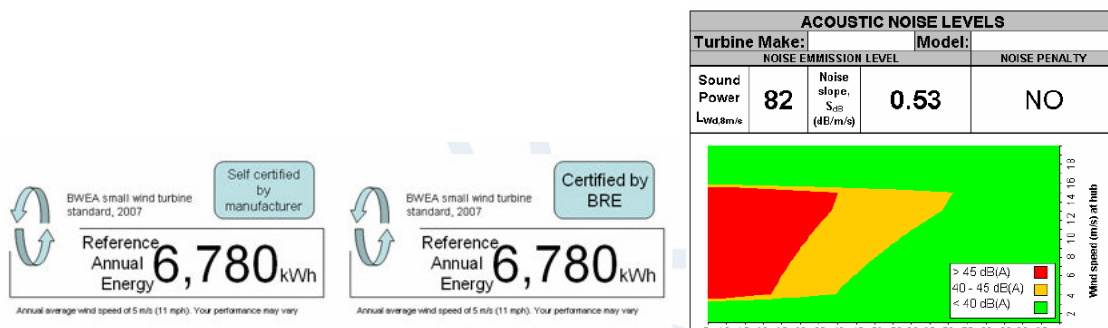


Abbildung 12: Label der British Wind Energy Association (BWEA, 2008)

Derzeit laufen Seitens der IEA Bemühungen, ein Label für KWEA zu erstellen, welches von den Herstellern **leichter und kostengünstiger erlangt werden kann** als die Konformitätserklärungen nach IEC (Task 27, Labelling of Small Wind Turbines, vgl. Info-box). Der Bundesverband Kleinwindanlagen setzt sich zudem für eine **einheitliche Vermessung der Leistungskurve** ein. In dieser soll zwischen den Windgeschwindigkeiten 4 m/s und 7 m/s die Leistung alle 0,1 m/s angegeben werden (Kröger, 2009). Damit können Erträge bei vorhandenen Windmessdaten an einem Standort gut vorhergesagt werden.<sup>26</sup>

Sollten sich diese Vorgaben als geeignet herausstellen, so muss zum gegebenen Zeitpunkt darüber entschieden werden, in wie fern diese als Fördervoraussetzung für ein Förderprogramm (Kapitel 8.4) eingesetzt werden können.

Solche Zertifikate geben Vertreibern und Kunden die Sicherheit, ein Produkt zu haben, welches unter allgemein anerkannten Richtlinien getestet wurde. Bei durchaus tauglichen Konzepten fehlt oft jedoch das nötige Kapital für die aufwändigen Zertifizierungen. Solche Hersteller könnten mit einer **Zuschussförderung für die Zertifizierung ihrer Anlagen** unterstützt und somit der Schritt in die „Seriosität“ erleichtert werden. Es ist daher zu prüfen, in wieweit eine vereinfachte Zertifizierung ausreichend ist.

(2) Transparenz gilt auch für die **Kostenangaben**. Hier könnte beispielsweise ein branchenweit abgestimmter **Vorschlag für die Systematik der Kostenangaben** (welche Kostenkomponenten müssen aufgeführt werden, etc.; analog zur VDI 2067) die Transparenz erhöhen. Dazu sollten die beiden Herstellerverbände einen Abstimmungsprozess und eine Selbstverpflichtung der Hersteller initiieren, die alle Mitgliedsunternehmen umfasst. Auf der ebenfalls vorgeschlagenen Internetseite werden alle Hersteller genannt, die sich dieser Selbstverpflichtung angeschlossen haben.

(3) Wichtig ist auch die Transparenz bezüglich der **Standortauswahl**. Die Feldtests haben gezeigt, dass Ertragsprognosen basierend auf Standardparametern (mittlere Windgeschwindigkeit; Weibull-Faktoren) um ein Vielfaches von den realisierten Erträgen nach unten abweichen. Dies gilt in abgeschwächter Weise auch für Prognosen basierend auf gemessenen Windgeschwindigkeiten. Durch die geringe Höhe der Anlagen steigt die Abhängigkeit von Rauigkeiten der Oberfläche, Turbulenzen durch Gebäude etc.

Es ist zu betonen, dass daher eine Standortbewertung immer vor Ort und auf Basis von Windmessungen erfolgen müsste. Dies ist allerdings gerade bei den KWEA wirtschaftlich nicht möglich. Um als potentieller Kunde dennoch ein „Gefühl“ für den Standort zu erlangen, wäre zweierlei hilfreich:

- a) Ein bebildertes **Handbuch**, das Hinweise auf Standortauslegung, Einflussfaktoren und deren Bedeutung für die Erträge etc. gibt.
- b) Ein internetbasiertes **Auslegungsprogramm**, das basierend auf den vorhandenen Windmessdaten, mittels Feldtestdaten kalibrierten Windverteilungsparametern (k-Faktor der Weibull-Verteilung, Durchschnittsgeschwindigkeit), mittels Feldtestdaten ka-

<sup>26</sup> Mittels der Raleigh-verteilten mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten

librierten Abschlagsfaktoren für Windverhältnisse in bebauten Gebieten und vorhandener Kennlinien der verschiedenen – zertifizierten – Anlagen eine **Ertragsprognose** berechnet. Diese ist gleichzeitig mit einem **Warnhinweis** versehen, diese Werte nur als Richtwerte zu verstehen. Durch ein solches Vorgehen können überhöhte Ertragserwartungen gedämpft werden. Vorbild für ein solches Programm könnten einfache Auslegungsprogramme für Mini-Blockheizkraftwerke sein (z. B. Mini-BHKW-Plan). Jedoch sollte immer eine individuelle und qualifizierte Standortberatung stattfinden, um den – aus Sicht der Windverhältnisse, aber auch weiterer Standortfaktoren – bestmöglichen Aufstellungsort zu bestimmen (Hacker, 2009). Die Tatsache, dass ein solcher Standort eher Ausnahme als Regel ist, hängt mit den Windverhältnissen in Deutschland und den Anforderungen an einen sinnvollen Betrieb zusammen. Ein stark vereinfachtes Prognoseinstrument für interessierte Laien ist bereits vorhanden, muss aber bzgl. Übertragbarkeit getestet werden (<http://www.energysavingtrust.org.uk/Generate-your-own-energy/Can-I-generate-electricity-from-the-wind-at-my-home>).

(4) Im Rahmen einer **neutralen Internetseite** – ähnlich wie in Großbritannien – könnten interessierte Verbraucher neutrale Informationen über zugelassene Anlagen, die Windhöflichkeit des eigenen Standorts mit der Möglichkeit der Benutzung des obigen Programms, die erforderlichen Rahmenbedingungen für einen geeigneten Einsatz von KWEA etc. informiert werden.

#### 4.1.2 Säule 2: Feldversuch und darauf aufbauendes Innovationsprogramm

Um trotz der hohen Differenzkosten in den sinnvollen Einsatzfällen eine Marktentwicklung zu entfalten, wird eine finanzielle Förderung der KWEA vorgeschlagen.

Prinzipiell könnten KWEA in das EEG, das das wesentliche Finanzierungsinstrument erneuerbarer Stromerzeugung ist, integriert werden. Dies hat Vor- und Nachteile:

- Der große Vorteil an einer Vergütung je eingespeister Kilowattstunde liegt darin, dass nur Anlagen gebaut werden, bei denen ein sinnvoller Betrieb absehbar ist (guter Standort, gute Anlage) und so das Risiko beim Betreiber liegt. Bei einem pauschalen Kostenzuschuss besteht dagegen die Gefahr, dass hier Investitionen in Anlagen getätigt werden könnten, dessen Installation aufgrund der Anlage selbst bzw. des Standortes wenig Sinn machen.
- Ein Vorteil des EEGs wäre eine leichte Implementierung durch dessen Bekanntheitsgrad und den mit der PV-Technik gesammelten Erfahrungen der örtlichen Energieversorger. Bei den anzuschließenden Geräten handelt es sich im Wesentlichen um leicht abgewandelte PV-Wechselrichter (Kühn, 2009).

Allerdings sprechen auch einige Argumente gegen eine verfrühte Aufnahme in das EEG:

- Die Erteilung einer EEG-Vergütung ist immer auch ein **Signal**, eine Technologie sei eine zwar noch nicht unbedingt wirtschaftlich ausgereizte, aber bezüglich Dauerfestigkeit, Funktionalität und Ertrag fortgeschrittene Technologie. Angesichts der großen Performance-Streubreite kann man dies von KWEA noch nicht sagen.

- Kleine Anlagen werden i. d. R. zur **Eigenverbrauchsdeckung** eingesetzt. Die Einspeisung ins örtliche Stromnetz wird hier meistens gar nicht in Erwägung gezogen; solange die EEG-Vergütung nicht signifikant den Haushaltsstrompreis übersteigt, wird dies auch so bleiben. Hauptziel einer kleinen Anlage ist es, unabhängiger vom Energieversorger zu sein und dabei „etwas für die Umwelt zu tun“. Der technische Aufwand, der betrieben werden müsste, um die geringen Mengen an überschüssigen Strom ins Netz einzuspeisen, steht bei einer KWEA bis zu 2 kW Leistung nicht im Verhältnis zum Nutzen, so lange die Vergütungen nicht ähnliche Größenordnungen wie bei der PV erreichen (Zählerkosten, Abrechnung etc.; Hacker, 2009).
- Erschwerend für eine Anwendung des EEG ist derzeit, dass bei den unterschiedlichen Produktions-, aber auch Wartungskosten von KWEA und den zu erwartenden Erträgen noch nicht generell absehbar ist, bei welcher Vergütung eine Anlage wirtschaftlich betrieben werden kann (siehe Kapitel 3.2). Einige Anlagenhersteller (z. B. Fortis) sehen eine Vergütung von 20 ct/kWh als ausreichend an, um ihre Anlagen wirtschaftlich betreiben zu können. Auch der BWE fordert eine Vergütung in dieser Größenordnung. Andere Hersteller geben wesentlich höhere erforderliche Vergütungen an. Zudem sind die technische Marktreife und die **Fertigungskapazität** der KWEA noch nicht weit genug entwickelt, um eine stabile EEG-Vergütung definieren zu können.
- Eine Veränderung des EEG in derart kurzem Abstand nach der letzten Novelle vom ist zudem **politisch schwierig** zu erreichen.

### 1000-Windmühlen-Breitentest mit Förderzuschuss

Wir schlagen daher einen anderen Weg vor: In einer ersten Stufe soll ein ausgeweiteter Feldtest, mit beispielsweise 500 bis 1000 Anlagen, die – ähnlich wie in Irland – ein großes Spektrum bezüglich Technologie, Leistungsklasse und Aufstellungsort abdecken, mit einem Kostenzuschuss zu den förderfähigen Kosten (Windmessung, Investitionskosten, Fundament und Installation) unterstützt werden, zum Beispiel im Rahmen der Klimaschutzinitiative der Bundesregierung.

Hierbei ist eine stärkere **Differenzierung nach Anlagengrößen** (z. B. bis 1 kW; bis 5 kW; bis 50 kW) zu berücksichtigen, um die mit der Leistung absinkenden spezifischen Investitionskosten und auch die veränderten Endkundensegmente zu berücksichtigen. Dies könnte durch einen spezifischen Fördersatz geschehen, der in Anlehnung an das EEG bzw. das Mini-BHKW-Programm der Nationalen Klimaschutzinitiative stetig ausgestaltet sein könnte und damit scharfe Fördergrenzen bezüglich der Leistungsklassen vermeidet, beispielsweise

- das erste Kilowatt wird mit 1.500 €/kW gefördert;
- das zweite bis fünfte Kilowatt mit 1.000 €/kW und
- das sechste bis zehnte Kilowatt mit 500 €/kW.

Zusätzlich sollte die Förderung auf max. 30 % der förderfähigen Investitionskosten begrenzt werden.

Ggf. könnte die Kopplung einer kleinen Wind- mit einer PV-Anlage in Analogie zum Kombinationsbonus im MAP mit einer kleinen Prämie angereizt werden, weil diese Kombination auf Grund des teilweise komplementären meteorologischen Angebots sinnvoll sein kann.

Alle Endkunden verpflichten sich, über einen Smart Meter oder eine Homepage den Stromertrag abzulesen und an eine zentrale Auswertungsstelle zu melden sowie über ihre Erfahrungen im Rahmen einer kommunikationsfördernden Marketingstrategie zu berichten. Darüberhinaus sollte ein Teil dieser Anlagen (z. B. 10-20 %) messtechnisch analysiert, betreut und die Ergebnisse veröffentlicht werden. Diese messtechnische Begleitung muss begrenzt sein, weil sie vergleichsweise kostenintensiv ist.

Ein solches Programm wäre gewissermaßen ein Hybrid zwischen Forschungs-, Feldtest- und Verbreitungsprogramm; ähnlich wie das **100 (später: 250) MW-Wind-Programm**. Dieses Programm verknüpfte einen finanziellen Zuschuss in Form eines Investitions- (102 €/kW bis zu 60 % der Investitionskosten) oder Betriebskostenzuschusses (4,1 ct/kWh bis 1991; 3,1 ct/kWh danach zuzüglich der EVU- bzw. Stromeinspeisegesetz-Vergütungen) mit der Verpflichtung, am Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm (WMEP) teilzunehmen. In diesem Programm wurden Ausschreibungskriterien festgelegt, die auch die Notwendigkeit eines Tests und die Ausgewogenheit der teilnehmenden Firmen, Betreiber etc. bewerteten. Dazu wurden sogar verschiedene Quoten an verschiedene Hersteller vergeben.

Zusätzlich sollte auf einem **Testfeld** ein Exemplar aller förderfähigen Anlagen installiert werden, um eine Vergleichbarkeit der Performancetests zu erhalten. Auf diesem Feldtestgelände könnten Hersteller durchgehend Anlagen testen und ihnen somit – bei erfolgreichem Abschluss – die Möglichkeit gegeben werden ohne aufwändige Zertifizierungsverfahren in Deutschland eine Art Qualitätslabel zu erhalten.

Um an einem Feldtest wie dem „1.000-Anlagenprogramm“ teilnehmen zu können, könnten bestimmte Forderungen an die Hersteller und Anlagen gestellt werden. Solange es noch keine mit einem vereinfachten Verfahren zertifizierten Anlagen (analog zum Microgeneration Scheme<sup>27</sup>) gibt, müssten hier „Hilfsanforderungen“ definiert werden, die die technische Reife und die Eignung des Standorts angeben. Denkbar sind hier beispielsweise:

- Anlagen müssen mit einer Mindeststückzahl erfolgreich installiert und betrieben worden sein.

---

27

Siehe <http://www.microgenerationcertification.org/Home+and+Business+Owners/Microgeneration+Products/Wind+Turbines+and+Inverters>

- Die Auslegung hat gemäß geltender Normen, z.B. IEC 61400-1 (wind turbine standards), DIN EN 61400-1 oder VDE 0127, DIN EN 61400 - Teil 2, zu erfolgen. Entsprechende Nachweise sind zu führen.
- Die Komponenten müssen nachweislich aufeinander abgestimmt worden sein (z. B. muss der Wechselrichter standortspezifisch auf die Leistungskurve des Windrades eingestellt werden).
- Es ist zu überlegen, ob ein grobes Standortscreening ähnlich dem britischen Verfahren (s. o.) mit dem Nachweis von Mindestbedingungen zur Förderbedingung gemacht wird.<sup>28</sup>

Mit einem solchen „1.000-KWEA-Programm“ (in Anlehnung an das 1.000-Dächer-Programm) könnten wichtige Praxisdaten bezüglich

- der Lebensdauer,
- der Fehlerquellen,
- der wirtschaftlichen Darstellbarkeit (bspw. Wartungskosten),
- der geeigneten Standorte und
- der tauglichen Anlagen und -konzepte

für die Ausgestaltung einer Zertifizierung und eines Gütesiegels gesammelt werden. Dieses sollte in späteren Förderprogrammen zur Bedingung für die Aufnahme in ein Förderprogramm (analog dem britischen Microgeneration Scheme) gemacht werden.

Neben der technischen wird ebenfalls die Evaluierung der sozialen Akzeptanz der KWEA empfohlen. Nach Evaluierung der Praxistauglichkeit könnte über die Aufnahme in das EEG oder ein Innovationsförderprogramm, wie es derzeit auch im Rahmen der Klimaschutzinitiative angedacht wird, entschieden werden.

### 4.1.3 Säule 3: Vereinfachung der Genehmigungspraxis<sup>29</sup>

Um die Akzeptanz der kleinen VWEA zu erhalten und auch die kleinen HWEA zu unterstützen, sollten die bestehenden Rechtsunsicherheiten abgebaut und die Genehmigungsverfahren erleichtert werden. Vorgeschlagen wird dazu, einen pragmatischen

<sup>28</sup> Siehe beispielsweise Für den Standort „London, Downing Street“ gibt das Modell aus: „Your predicted wind speed for SW1A 2AB (urban) is 2.35 metres per second. Unfortunately a domestic small scale wind turbine would not be suitable for your property, as the average wind speed in your area is below 5 metres per second. The Energy Saving Trust does not recommend installing a domestic small scale wind turbine in areas with wind speeds of less than 5 metres per second. Wind speeds of less than 5 metres per second are unlikely to provide a cost effective source of electricity (based on current technologies). There may be other technologies that are suitable for your home. If you have not already done so why not use our Home Energy Generation Selector to help you identify alternative means of generating heat or electricity for your home to reduce both your bills and CO2 emissions.“

<sup>29</sup> Siehe dazu den Beitrag von Fr. Dr. Bovet im Rahmen dieses Projekts

Leitfaden für die Genehmigungspraxis zu entwerfen – wie explizit von kommunalen Entscheidungsträgern gewünscht. Hinweise und Kriterien zur baulichen Zulässigkeit von KWEA könnten auch in die Windenergieerlasse der Länder aufgenommen werden, um das Verfahren für die Genehmigungsbehörden und für Anlagenbetreiber berechenbarer und verlässlicher zu machen. Darüber hinaus würde die Berücksichtigung von KWEA als Belang im Aufstellungsprozess der Raumordnungs- und Flächennutzungspläne zu einer Erleichterung der Verwaltungspraxis beitragen.

Einer bundesweiten Vereinfachung des **bauordnungsrechtlichen Genehmigungsverfahrens** steht die grundgesetzrechtliche Kompetenzordnung entgegen (BVerfGE 3, 407 – Baurechtsgutachten). Der Bund ist nach Art. 74 Abs. 1 Nr. 18 GG für die Regelung des „Grundstückverkehrs“ und des „Bodenrechts“ zuständig. Von dieser Kompetenz hat er beim Erlass des BauGB Gebrauch gemacht. Für das Bauordnungsrecht, das im Wesentlichen die Errichtung des einzelnen Bauwerks im Auge hat, sind die Länder zuständig und haben Landesbauordnungen geschaffen. Die Einflussnahme des Bundes beschränkt sich auf das Hinwirken einer Änderung der Musterbauordnung (MBO), die für die Landesbauordnungen zwar als Orientierung dient, nicht aber verpflichtend ist.

Genehmigungserleichterungen durch Änderung des Bundesrechts könnten u. a. durch die Schaffung eines „**Kleinen Repowerings**“ bewirkt werden. Dahinter steht die Idee, dass es für landwirtschaftliche KWEA einen erweiterten Bestandschutz i. S. d. § 35 Abs. 4 BauGB geben sollte, indem Altanlagen durch effektivere und geräuschärmere KWEA bis zu einer bestimmten Höhe ersetzt werden können.

Von Seiten der Anlagenhersteller werden Forderungen aufgeführt, welche insbesondere auf eine Freistellung von einer Baugenehmigung hinauslaufen:

- Genehmigungsfreiheit von KWEA bis zu einer Höhe von 10 bzw. 15 m.
- Die Genehmigung sollte mittels einer Bauanzeige und nicht mittels Baugenehmigung erteilt werden können.
- Klare Regelungen bis zu welcher Leistung KWEA ohne weiteres ans Hausnetz angeschlossen werden können, ohne dass eine Genehmigung vom EVU eingeholt werden muss.
- Die Eigennutzung vom selbst hergestellten Strom sollte ähnlich wie für die PV bevorzugt werden (siehe EEG-Novelle).

# 5 Anhang

## 5.1 Technische Eigenschaften der Anlagen

Hersteller			Windrad							Mast				Technische Daten										Marktreife				Fertigungstiefe				Vertrieb				Bemerkung
Turbinenart	Name	Modell	Anzahl Blätter	Durchmesser	Material	Drehzahl [U/min]	Naben-Gesamthöhe, [m]	Turmart, Material	Selbststart	Betriebsdaten				Stromerzeugung						zusätzl. Komponenten	marktreif	Kleinserie	Pilotphase	Entwicklung	Generator	Flügel	Mast	Regelungs-technik	Sonstiges	Großhandel	Vertrieb	Endkunden	Sonstiges	Sonstiges; technische Hürden noch zu überwinden		
										Anlauf-; Auslegungs-; Abschalt-; Maximal-geschw. [m/s]	Sturmsicherung	Windnach-führung	Leistung	cp	Getriebe; Generatortyp	Regelelektronik	Getriebe; Generatortyp	Regelelektronik	Getriebe; Generatortyp																Regelelektronik	Getriebe; Generatortyp
h	Ampair	Ampair 100 x 0,9	6	0,928	k.A.	250 - 1500	2,5 - 20	unterschiedl.	ja	3; 20; >50	elektrische Bremse	nicht notwendig	0,1		permanentmagn. 2-Phasig	Gleichrichter, Batteriesystem		x				k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.										
h	Ampair	Ampair 300 x 1,2	3	1,2	k.A.	250 - 1500	2,5 - 20	unterschiedl.	ja	3; 11; > 50	elektrische Bremse	nicht notwendig	0,3		permanentmagn. 3-Phasig	Gleichrichter, Batteriesystem		x				k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.										
h	Ampair	Ampair 600 x 1,7	3	1,7	k.A.	250 - 1000	5 - 30	unterschiedl.	ja	3; 11; > 25-50	elektrische Bremse	nicht notwendig	0,6		permanentmagn. 3-Phasig	Wechselrichter	x	x				k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.										
h	Ampair	Ampair 6000 x 5,5	3	5,5	k.A.	80 - 220	10 - 40	unterschiedl.	ja	3; 11; 25 - 35	elektrische Bremse	nicht notwendig	6		permanentmagn. 3-Phasig	Wechselrichter	x		x			k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.										
h	Partzsch Windgeneratoren Service GmbH	Pawicon 2500	3	3,5	Glasfaser-/Kohlefaserlaminaat	420	8/8,5; 11/11,5; 14/14,5; 17/17,5	Rohrturm, verzinktes Stahlrohr	ja	2,8; 11; ; ;	Helikopter-stellung bzw. Umlegen der Anlage	Windfahne	2,5	0,38	synchron	Gleichrichter, Wechselrichter, ENS	je nach Einsatz-zweck	x				x						x	x	x						
h	Sinuswind	Yacht 500	3	1,6	Carbon / GFK	500	2 / 2	Rohrturm	ja	3; 10; 15; 32	Generatorkurzschluss	mechanisch	0,5	0,45	synchron	Spannungswandler, Gleich-Wechselrichter		x	x			x	x	x	x			x	x							
h	Sinuswind	Home 1500	3	2,6	Carbon / GFK	360	12 / 12	Rohrturm	ja	3; 12; 15; 32	Generatorkurzschluss und passives PIC	mechanisch	1,5	0,46	synchron	Spannungswandler, Gleich-Wechselrichter		x				x	x	x	x			x	x							
h	Sinuswind	Professional 5000	3	4,2	Carbon / GFK	300	12 / 12	Rohrturm	ja	3; 12; 15; 32	Generatorkurzschluss und passives PIC	mechanisch	5	0,46	synchron	Spannungswandler, Gleich-Wechselrichter		x				x	x	x		x		x	x							
h	WES Energy	WESpe	4	3,5	Aluminium	190	18,5 / 20,75	Rohrturm, Stahl, abgespannt	ja	3,5; 11; 22; 50	Generatorkurzschluss	Lee- Läufer	5	0,45	Stirnradgetriebe / synchron	Wechselrichter			x				x	x	x				x			Zertifizierung				
v	Inno Energy	InnoStar Roof	3	2,7	Composite	240	individuell	-	ja	3; 14; 25; 50	Bremse	nicht notwendig	3	0,32	synchron	Windrad, Wechselrichter			x			x	x									Endstadium der Generatorentwickl., Betrieb ohne Getriebe				
v	Nakao Intl	ENECOM 2	3 - 5	2,5	GFK		8,3 / 10,3	Stahlrohr	ja	3; 11; 15; < 60	Scheibenbremse	nicht notwendig	2		asynchron o. synchron	Gleich-, Wechselrichter, ENS		x	x			x	x	x								keine				
v	Nakao Intl	ENECOM 5	3 - 5	4	GFK		12,5 / 16	Stahlrohr	ja	3; 12; 15; < 60	Scheibenbremse	nicht notwendig	5		asynchron o. synchron	Gleich-, Wechselrichter, ENS																				
v	Nakao Intl	ENECOM 10	3 - 5	5	GFK		12 / 17	Stahlrohr	ja	3; 13; 15; < 60	Scheibenbremse	nicht notwendig	10		asynchron o. synchron	Gleich-, Wechselrichter, ENS																				
v	Name der Autor bekannt		3	3,1	Carbonfaser und Epoxyharz	260	15 / 20	Stahlrohr / galvanisierter Stahl	nein (vom Netz gespeist)	4,5; 11; 16,5; 52,5	Scheibenbremse	nicht notwendig	7,6	0,44	synchron	Wechselrichter, ENS		x	x			alle Komponenten sind für die Turben angepasst						x				zuverlässige Windvorhersagen				
v	Ropatec	WRE 030	3	3,3	Fiberglas, Carbonfaser, Aluminium	140	6,7 / 7,7	Gittermast o. Rohrturm, Stahl	ja	-3; -14; 20; 42	Generatorkurzschluss	nicht notwendig	3	0,27	synchron	Spannungswandler, Gleich-, Wechselrichter, ENS		x				x				SBC, Hot Max, Wind Max		x					keine			
v	Ropatec	WRE 060	3	4,7	Fiberglas, Carbonfaser, Aluminium	100	7,1 / 8,4	Gittermast o. Rohrturm, Stahl	ja	-3; -14; 20; 42	Generatorkurzschluss	nicht notwendig	6	0,3	synchron	Spannungswandler, Gleich-, Wechselrichter, ENS		x				x				SBC, Hot Max, Wind Max		x								
v	Ropatec	WRE 200	5	8,5	Fiberglas, Aluminium	50	12 / 18	Gittermast o. Rohrturm, Stahl	ja	2,8; -14; 20; 42	Generatorkurzschluss	nicht notwendig	20	0,35	synchron	Spannungswandler, Gleich-, Wechselrichter, ENS		x				x				SBC, Hot Max, Wind Max		x								
v	TASSA	TASSA WEA 5kW	2	4		40 - 120	7,87 / 9,88	Rohrturm, Stahlbeton	ja	3-4; 4-8; ; 51,2		nicht notwendig	5	-	synchron	Wechselrichter			x																	
v	VENCO	Twister-300-T	3	1	GFK / CFK (Streben aus Edelstahl)			Stahl o. Holz	ja	3,5; 12; 25; 50	Kurzschlussbremse	nicht notwendig	0,3	-	synchron	Wechselrichter																				
v	VENCO	Twister-1000-T	3	1,9	GFK / CFK (Streben aus Edelstahl)	260	8 / 10	Stahl o. Holz	ja	3,5; 14; 20; 50	Stall / Wirbelstrombremse / Kurzschlussbremse	nicht notwendig	1	0,32	synchron	Wechselrichter	x					x	x	x	x		x	x	x							
v	VENCO	Twister-1000-T	3	1,9	GFK / CFK (Streben aus Edelstahl)	260	8 / 10	Stahl o. Holz	ja	3,5; 12; 13,5; 50	Stall / Wirbelstrombremse / Kurzschlussbremse	nicht notwendig	1	0,32	synchron	Wechselrichter																ist ca 20 kg leichter als 1000-T und für schwachwindregionen konzipiert schaltet aber ab 13,5 m/s ab				
v	winDual	A300	5	1,36	GFK	200	5,5 / 8,8 o. individuell	Rohrturm / Gittermast, verzinker Stahl o. Holz	ja	3; 10; 25; 40	elektrisch/ mechanisch	nicht notwendig	0,3	-	synchron	Spannungswandler, Gleichrichter, optional Wechselrichter, ENS		x										x	x							
v	winDual	A1K	5	1,8	GFK	180	5,5 / 7,5 o. individuell	Rohrturm / Gittermast, verzinker Stahl o. Holz	ja	4; 12; 25; 45	elektrisch/ mechanisch	nicht notwendig	1	-	synchron	Spannungswandler, Gleichrichter, optional Wechselrichter, ENS		x										x	x							
v	winDual	A5K	5	4	GFK	84	5,5 / 10,1 o. individuell	Rohrturm / Gittermast, verzinker Stahl o. Holz	ja	3; 12; 25; 50	elektrisch/ mechanisch	nicht notwendig	5	-	synchron	Spannungswandler, Gleichrichter, optional Wechselrichter, ENS		x										x	x							

Tabelle 11: Technische Eigenschaften der Anlagen

## 5.2 Weitere Marktübersichten

1. BWE  
[http://www.wind-energy-market.com/index.php?id=16&no\\_cache=1&L=1](http://www.wind-energy-market.com/index.php?id=16&no_cache=1&L=1)
2. AWEA  
<http://www.awea.org/smallwind/>
3. BWEA  
<http://www.bwea.com/members/category.asp?search=10>
4. MCS – Low Carbon Building Programme  
<http://www.microgenerationcertification.org/Home+and+Business+Owners/Microgeneration+Products/Wind+Turbines>  
diese Anlagen sind nach dem britischen Microgeneration Certification Scheme zertifiziert
5. Nordic Folkecenter for Renewable Energy:  
Catalogue of Small Wind Turbines 2008  
[http://www.folkecenter.net/mediafiles/folkecenter/pdf/2008\\_katalog\\_pages\\_for\\_website.pdf](http://www.folkecenter.net/mediafiles/folkecenter/pdf/2008_katalog_pages_for_website.pdf)
6. Kleinwindanlagen von Uwe Hallenga  
<http://www.kleinwindanlagen.de/index.html>  
neben der Übersicht ist das Forum sehr empfehlenswert
7. All Small Windturbines  
<http://www.allsmallwindturbines.com/>  
Sehr umfassende Übersicht ohne jegliche Einschätzung

## 5.3 Fragebogen



In Zusammenarbeit mit der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg



### Fragebogen zur Marktanalyse kleiner Windkraftanlagen

Die folgenden Fragen dienen zur Erstellung einer umfassenden Marktübersicht erwerblicher Windkraftanlagen bis zu einer Leistung von 30 kW. Sollten Sie mehrere Typen bzw. Leistungsgrößen einer Windkraftanlage anbieten, benutzen Sie bitte jeweils ein neues Formular.

Bei Rückfragen zum Fragebogen wenden Sie sich bitte direkt an:  
ifeu Heidelberg, Herrn Philipp Otter  
Tel. 06221 4767 53 oder per E-Mail an [philipp.otter@ifeu.de](mailto:philipp.otter@ifeu.de)

#### 1. Ihre Kontaktdaten

Name  
Adresse

Telefon   
Telefax   
Email   
Webpage

Bild

#### 2. Modell, Typ

#### 3. Allgemeine Beschreibung

<b>Rotortyp</b>	<input type="text"/>	<b>Leistungskurve</b>	
Anzahl der Blätter	<input type="text"/>	<b>Windgeschw.</b> [m/s]	<b>Leistung</b> [kW]
Durchmesser	<input type="text"/> m	1	<input type="text"/>
Material	<input type="text"/>	2	<input type="text"/>
Drehzahl	<input type="text"/> U/min	3	<input type="text"/>
<b>Mast</b>		4	<input type="text"/>
Nabenhöhe / Gesamthöhe	<input type="text"/> m / <input type="text"/> m	5	<input type="text"/>
Art d. Konstruktion	<input type="checkbox"/> Gittermast <input type="checkbox"/> Rohrturm	6	<input type="text"/>
Material	<input type="text"/>	7	<input type="text"/>
abgespannt	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	8	<input type="text"/>
		9	<input type="text"/>
		10	<input type="text"/>
		11	<input type="text"/>
		12	<input type="text"/>
		13	<input type="text"/>
		15	<input type="text"/>
		15-20	<input type="text"/>

#### 4. Leistungs- und Betriebsdaten

Nennleistung  kW  
 Startet die Anlage selber?  ja     nein    Wodurch:   
 Anlaufgeschwindigkeit  m/s



In Zusammenarbeit mit der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Auslegungsgeschwindigkeit  m/s

Abschaltgeschwindigkeit  m/s      Art der Abschaltung:

Leistungsbeiwert   $C_p$

Generatorwirkungsgrad  %

Maximale Windgeschwindigkeit, welche die Anlage ohne Schaden übersteht  m/s      Art der Sturmsicherung:

Windnachführung

### 5. Elektrizitätserzeugung

Anwendungsbereich       Netzbetrieb       Inselbetr.       Windheizung       Sonstiges

Generatortyp       synchron       asynchron      Spannung:  V

Getriebe       ja       nein      Wenn ja, welcher Art:

Übersetzungsverhältnis      /

Eingesetzte Regelelektronik       Spannungswandler       Gleichrichter       Wechselrichter       ENS

Zusätzlich notwendige Komponenten:

### 6. Wirtschaftlichkeit

Ist-Kosten (o. MwSt.)       €/Anlage       €/kW

Zielkosten       €/Anlage bei einer Stückzahl von

Lieferumfang       Windrad       Wechselrichter

Mast       ENS

Fundament       Installation

Sonstiges:

Wie werden die Kunden in Hinblick auf Ertragsprognosen und Wirtschaftlichkeit beraten?

Bieten Sie eine Wirtschaftlichkeitsanalyse an?

Ja       Nein

Verweisen Sie bei Ihrer Wirtschaftlichkeitsanalyse auf lokale Windmessungen?

Ja       Nein

Führen Sie selber Windmessungen durch?

Ja       Nein

## 7. Vermarktung, Qualitätssicherung

Wie schätzen Sie die Marktreife Ihres Produktes ein?

marktreif     Kleinserie     Pilotphase     Entwicklung

Welches Entwicklungspotenzial sehen Sie?

\_\_\_\_\_

Welche technischen Herausforderungen sind noch zu überwinden?

\_\_\_\_\_

Welche Komponenten stellen Sie selbst her?

Generator     Flügel     Mast     Regelungs-  
technik     Sonstiges  
\_\_\_\_\_

Wie vertreiben Sie Ihre Anlage?

bisher kein Vertrieb     Großhandel     Vertrieb     Endkunden     Sonstiges  
\_\_\_\_\_

Welche Anwendungsbereiche streben Sie an? Wo liegt Ihr Marketingschwerpunkt?

Gebäude-  
integration     Landwirt-  
schaft     Entwicklungs-  
regionen     Sonstiges  
\_\_\_\_\_

Über welchen Zeitraum liegen Betriebserfahrungen vor? Wo wurden diese gemacht?

\_\_\_\_\_

Kann es durch Ihre Anlage zu Beeinträchtigungen durch Schattenwurf kommen, wenn diese gebäude-  
nah installiert wird?

Ja     Nein

Wurde eine Schallmessung durchgeführt? Wenn ja, von welcher Einrichtung?

Ja     Nein    Einrichtung: \_\_\_\_\_

Gibt es Prüfberichte zur Schallmessung?

Ja     Nein    Wenn ja, bitte  
anfügen.

Wie groß ist der Schalleistungspegel Ihrer Windkraftanlage?

\_\_\_\_\_ dB(A)

Wurde eine Leistungsmessung durchgeführt? Wenn ja, von welcher Einrichtung?

Ja     Nein    Einrichtung: \_\_\_\_\_

Über welchen Zeitraum und wo wurde die Leistungsmessung durchgeführt?

\_\_\_\_\_

Gibt es Zertifikate bzw. Gutachten, welche die Leistung der Anlage bestätigen?

Ja     Nein    Wenn ja, bitte anfügen.

Gibt es Zertifikate bzw. Gutachten, welche die Qualität der Anlage bestätigen?

Ja     Nein    Wenn ja, bitte anfügen.

Gibt es irgendeine Art von Qualitätssicherung bzw. Qualitätsmanagement für die Anlage?

Ja  Nein Wenn ja, welcher Art:

Besonderheiten der Anlage:

Erwartete Lebensdauer:  Jahre

Wartungsintervalle  pro Jahr

Garantie und Gewährleistung  Jahre

Service und Reparaturleistungen

### 8. Angaben zum Unternehmen

Seit wann existiert Ihr Betrieb bzw. seit wann beschäftigen Sie sich mit Windkraftanlagen?

Wie viele Mitarbeiter arbeiten in Ihrem Betrieb?

Wie groß ist der Umsatz im Bereich Windkraftanlagen?

€ 2005  € 2006  € 2007  € 2008

### 9. Marktdaten zur Anlage

Wie viele Anlagen haben Aie in den letzten Jahren installiert bzw. verkauft?

bis 2004  2005  2006  2007  2008

Wohin haben Sie hauptsächlich Ihre Anlagen verkauft

Deutschland  Europa  weltweit

Wo in Deutschland, in Europa und weltweit sehen Sie Potenziale?

Deutschland  Europa  weltweit

Bitte machen Sie Angaben zum Kundenkreis?

### 10. Referenzanlagen

	Standort	Baujahr	Nutzungsart
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

## 11. Zukünftige Förderung

Wo sehen Sie die wesentlichen Hemmnisse im Hinblick auf den Verkauf, Vertrieb und Installation Ihrer Anlage?

- umständliche Genehmigungsverfahren      welche:
- einschränkende rechtliche Bedingungen      welche:
- mangelnde Vertriebswege
- mangelnde Organisation
- zu geringe EEG-Vergütung
- zu hohe Fertigungs- u. Entwicklungskosten
- Sonstiges

Welche rechtlichen Bedingungen hätten eine fördernde Auswirkung für die Verbreitung Ihrer Anlage?

Welche Art der Förderung würden Sie für Ihre Anlage bevorzugen?

- Erhöhe EEG Vergütung für kleine WKA?      Wenn ja wie hoch?  ct/kWh
- Markteinführungsprogramm (Investitionszuschuss)      Wenn ja wie hoch?  %
- Net-Meetering
- Sonstige Vorschläge

## 12. Datenschutz

Sind Sie mit der Veröffentlichung der hier angegebenen Daten in einer Marktübersicht einverstanden?

- Ja       Nein

Welche Angaben gelten als sensibel und dürfen nicht verwendet werden?

Haben Sie weitere Anmerkungen?

## 5.4 Literatur

AWEA (2008): AWEA Small Wind Turbine Global Market Study 2008. Washington, American Wind Energy Association.

Bortolotti, A. (2009): Persönliche Kommunikation Besuch bei Ropatec

Brand, C. (2008): "Renaissance der Hofanlagen." neue energie 08/2008(08/2008).

Brenner, G. (2009): Persönliche Kommunikation Interview zur aktuellen Marktsituation von kleinen Windenergieanlagen

BVKW (2009): Positionspapier des Bundesverbandes Kleinwindanlagen Stand: März 2009. Riepe, Bundesverband Kleinwindanlagen.

BWEA (2007): British Wind Energy Association Small Wind Turbine Performance and Safety Standard, BWEA.

CEC (2009): Emerging Renewables Program - Final Guidebook, California Energy Commission.

Focus (2008): Windkraft fürs Häuschen, [http://www.focus.de/immobilien/energiesparen/rwe-windkraft-fuers-haueschen\\_aid\\_329962.html](http://www.focus.de/immobilien/energiesparen/rwe-windkraft-fuers-haueschen_aid_329962.html), Zugriff 18.02.2007.

Hacker, G. (2009): Persönliche Kommunikation Interview zum aktuellen Entwicklungsstand von kleinen Windenergieanlagen

Hacker, G. (2007): Wind ins Netz - Netzeinspeisung und Akkuladung mit neuen Kleinwindrädern. St. Georgen, Eigenverlag Solar - Wind - Team G. Hacker.

Hailes, D., H. Brown und M. Rhodes, . (2009): Warwick Windtrails - Final Report. Warwick, Encraft Ltd.

ISES (2009): Global small wind market grew 53% in 2008, webpage, <http://www.renewableenergyfocus.com/view/1773/global-small-wind-market-grew-53-in-2008/>, Zugriff 25.05.2009.

Klimbie, B. (2008): Home wind turbines tested: Fortis Montana turbine performs best.

Kröger, U. (2009): Persönliche Kommunikation Interview zum Entwicklungsstand von kleinen Windenergieanlagen

Kühn, P. (2007): Big Experience with Small Wind Turbines - 235 Small Wind Turbines and 15 Years of Operational Result. Kassel, Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V. (ISET).

Kühn, P. (2009): Persönliche Kommunikation Interview zur aktuellen Marktsituation von kleinen Windenergieanlagen

LCBP (2009): Low Carbon Buildings Programme, <http://www.lowcarbonbuildings.org.uk/>, Zugriff 25.03.2009.

NCSU (2009): Database of State Incentives for Renewables & Efficiency, <http://www.dsireusa.org/index.cfm?EE=1&RE=1>, Zugriff 15.04.2009.

Pantazopoulou, G. (2009): Noise issues and standards for domestic wind turbines, Zugriff

Schleeff, M. (2009): Persönliche Kommunikation Interview zum Entwicklungsstand von kleinen Windenergieanlagen

Shareman, D. (2009): "Zeeland small wind turbine testfield."

Syngellakis, K. und L. Close (2006): Urban wind turbines: Development of the UK market. Grove House, IT Power, Reading University UK, Loughborough University UK.

TASSA (2009): FAQ: Oft gestellte Fragen betreffend der vertikalen Windenergieanlage (Tassa WEA 5kW), Zugriff 27.03.2009.

VENCO (2009): MARC Power renamed to VENCO Power, <http://www.vencopower.com/latest/marc-power-gmbh-renamed-to-venco-power-gmbh.html>, Zugriff 18.02.2009.