

THEMA

# Kleinwindkraft Österreich: Marktentwicklung 2017

ERFAHRUNGSBERICHTE AUS DEM ENERGIEFORSCHUNGSPARK  
LICHTENEGG, 21.12.2017

**Wien!  
voraus**

Energieplanung

StoDt+Wien



## **Kleinwindkraft Österreich: Marktentwicklung 2017**

Erfahrungsberichte aus dem Energieforschungspark Lichtenegg

### **Kontakt:**

Kurt Leonhartsberger, MSc  
FH Technikum Wien, Institut für Erneuerbare Energie  
Mail: [kurt.leonhartsberger@technikum-wien.at](mailto:kurt.leonhartsberger@technikum-wien.at)  
Telefon: +43 664 619 25 86

## 1 Inhalt

<b>2</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>6</b>
3.1	Definition.....	6
3.2	Technik.....	6
<b>4</b>	<b>Energieforschungspark Lichtenegg</b> .....	<b>8</b>
4.1	Infrastruktur.....	8
4.2	Mess- und Prüfverfahren.....	9
4.2.1	Langzeitevaluierung.....	9
4.2.2	Leistungskennlinienvermessung.....	9
4.2.3	Power Quality.....	9
4.2.4	Schallemissionsmessung.....	10
4.2.5	Schwingungs- und Vibrationsmessung.....	10
4.3	Methodik.....	10
4.3.1	Leistungsdaten.....	10
4.3.2	Laufzeit.....	11
4.3.3	Ertragsdaten.....	11
4.3.4	Wirtschaftlichkeit.....	12
4.4	Kleinwindkraftanlagen im Test - Ergebnisse.....	12
4.4.1	Amperius VK-58.....	13
4.4.2	Amperius VK-250.....	15
4.4.3	Black 300.....	17
4.4.4	EasyWind 6AC.....	19
4.4.5	Ecovent 10 kW.....	21
4.4.6	M 2500.....	23
4.4.7	Schachner SW05.....	25
4.4.8	SFTV 4,2 kW.....	27
4.4.9	Vertikon M.....	29
4.4.10	Windspot 1,5 kW.....	31
<b>5</b>	<b>Erfahrungen aus der Praxis</b> .....	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>Highlights und Forschung</b> .....	<b>37</b>
6.1	Nationale Forschungsaktivitäten.....	37
6.2	Internationale Forschungsaktivitäten.....	40
6.3	Kleinwindkrafttagung 2017.....	41
<b>7</b>	<b>Ausblick</b> .....	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>46</b>

## 2 Einleitung

In den letzten Jahren ist das Interesse an Kleinwindenergieanlagen (KWEA) in Österreich stark gestiegen. Vor allem das Bedürfnis nach individuellen Lösungen sowie der immer stärker werdende Wunsch nach privater Energieautonomie treiben diese Entwicklung an - wie auch der rasante Ausbau der Photovoltaik in Österreich zeigt. Interessensvertretungen und EnergieversorgerInnen verzeichnen jedoch nicht nur eine deutlich steigende Anzahl von Anfragen für Anlagen im ländlichen Raum, sondern auch für KWEA in dicht besiedelten Gebieten, wo aufgrund der Forderung nach „nearly zero energy“ Gebäuden in der neuen EU-Gebäuderichtlinie die urbane Kleinwindkraft als eine interessante Stromerzeugungsmöglichkeit angesehen wird.

Ende 2015 waren bereits knapp 991.000 KWEA weltweit installiert (ca. 948 MW Leistung), wobei knapp 56.000 KWEA bzw. 118 MW davon im Jahr 2015 errichtet wurden. Im Vergleich zu den Vorjahren ergab dies eine prozentuelle Steigerung von 5 % bezogen auf die Anzahl der installierten Anlagen bzw. 14 % bezogen auf die installierte Leistung. Die World Wind Energy Association (WWEA) erwartet binnen der nächsten Jahre ein Wachstum, das mit der Entwicklung der Photovoltaik in der jüngsten Vergangenheit vergleichbar sein wird. Speziell die dynamische Entwicklung der Märkte in China, den USA und Großbritannien in den letzten Jahren bestätigen diesen Trend.

Während die KWEA-Technologie in Ländern wie China, den USA und in UK bereits in großer Anzahl umgesetzt wurde, ist die Anzahl der in Österreich installierten Anlagen noch verhältnismäßig gering. Ende 2015 waren in Österreich insgesamt 327 KWEA mit einer Gesamtleistung von 1.533,1 kW in Betrieb, davon 128 KWEA mit einer Nennleistung bis 1 kW (39,14 %) sowie 181 KWEA mit einer Nennleistung bis 10 kW (55,35 %). Nur 18 KWEA weisen eine Nennleistung > 10 kW auf (5,5 %). In Bezug auf die Leistung entfallen 77,43 % auf KWEA mit einer Nennleistung zwischen 1 und 10 kW (1.187,1 kW), 19,06 % auf Anlagen mit einer Nennleistung > 10 kW (292,22 kW) und lediglich 3,51 % auf KWEA  $\leq$  1 kW (53,75 kW).

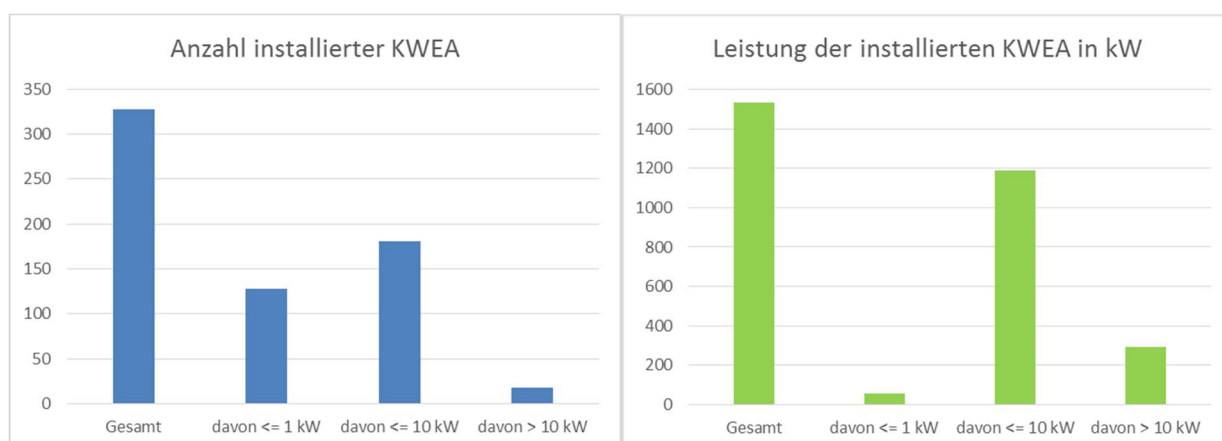


Abbildung 1: Anzahl sowie Gesamtleistung der in Österreich zum Stichtag 31.12.2015 in Betrieb befindlichen KWEA sowie deren Aufteilung auf die Leistungsklassen kleiner 1 kW, 1 kW bis 10 kW sowie größer 10 kW (Quelle: Kleinwindkraftreport Österreich 2015)

Abbildung 1 stellt sowohl die Anzahl der in Österreich installierten KWEA als auch die kumulierte Leistung der installierten KWEA zum Stichtag 31.12.2015 dar, sowie deren Aufteilung auf die Leistungsklassen kleiner 1 kW, 1 kW bis 10 kW sowie größer 10 kW. Die durchschnittliche Größe der in Österreich Ende 2015 installierten KWEA betrug 4,7 kW.

Der österreichische Kleinwindkraftmarkt wird sowohl von HerstellerInnen, HändlerInnen und Vertriebsorganisationen sowie PlanerInnen und ErrichterInnen aus Österreich als auch aus dem Ausland – überwiegend aus Deutschland – bearbeitet. Abbildung 2 gibt einen Überblick über den österreichischen Kleinwindkraftmarkt sowie die darin vertretenen AkteurInnen und deren Geschäftsbeziehungen.

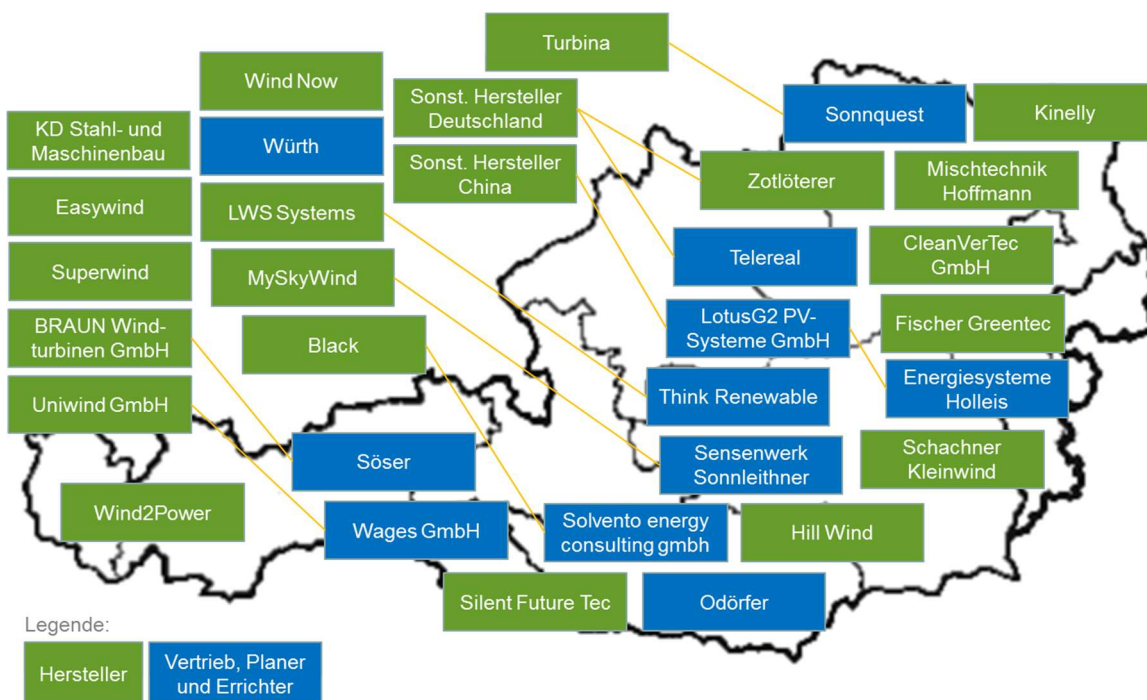


Abbildung 2: Überblick über die Akteure des österreichischen Kleinwindkraftmarkts im Jahr 2015 (Quelle: Kleinwindkraftreport Österreich 2015)

Trotz einiger negativer Erfahrungen mit qualitativ minderwertigen KWEA in den letzten 10 Jahren in Österreich, gibt es diverse Beispiele, die zeigen, dass diese Technologie über lange Zeit verlässlich und sicher eingesetzt werden kann. Eine 2015 durchgeführte Befragung der FH Technikum Wien von 22 BetreiberInnen von KWEA zeigt, dass knapp 90 % der Befragten mit ihrer KWEA zufrieden sind und erneut in eine KWEA investieren würden. Sie zeigt jedoch auch, dass 3 BetreiberInnen ihre KWEA bereits nach kurzer Zeit aufgrund schwerwiegender Probleme wieder demontieren mussten.

Dieses Bild zeigt sich auch im Energieforschungspark Lichtenegg, einer unabhängigen Mess- und Prüfeinrichtung für KWEA: An diesem Starkwind-Test-Standort erzeugen einzelne KWEA trotz regelmäßiger Starkwindereignisse und den damit einhergehenden Belastungen für die Anlage bereits seit Jahren zuverlässig Energie. Doch nicht alle Anlagen können in Bezug auf Qualität, Betriebssicherheit und Leistungsbereitschaft langfristig überzeugen. Dass aufgrund fehlender, verpflichtender Qualitäts- und Leistungstests ein Teil dieser minderwertigen, nicht funktionsfähigen KWEA dennoch in Österreich verkauft wird, ist einer der größten Schwachpunkte der Kleinwindkraft

in Österreich. Insbesondere da Österreich mit dem Energieforschungspark Lichtenegg über eine entsprechende Mess- und Prüfinfrastruktur für KWEA verfügt, die auch international einen hohen Bekanntheitsgrad genießt.

Entscheidende Kriterien für einen langfristigen erfolgreichen Betrieb einer KWEA sind daher einerseits eine qualitativ hochwertige, leistungsfähige Anlage sowie andererseits ein passender Standort. Ein weiteres wichtiges Erfolgskriterium ist die Verfügbarkeit und Unterstützung von HerstellerIn bzw. HändlerIn, sowohl in der Planungs- (z. B. beim Genehmigungsverfahren) als auch in der Betriebsphase hinsichtlich Wartung bzw. bei Störungen und Defekten. Auch die Erwartungen des/der zukünftigen BetreiberInnen spielen eine wichtige Rolle. Mit einer realistischen Einschätzung hinsichtlich des zu erwartenden Energieertrages sorgen seriöse HerstellerInnen bzw. HändlerInnen jedoch bereits vorab für realistische Erwartungen.

## 3 Grundlagen

### 3.1 Definition

Für den Begriff „Kleinwindkraft“ gibt es keine exakte Definition in der Fachliteratur. Laut IEC 61400-12-1 Anhang H werden Windkraftanlagen als Kleinwindenergieanlagen (KWEA) bezeichnet, wenn die vom Rotor überstrichene Fläche kleiner als 200 m<sup>2</sup> ist und die Spannung unter 1.000 V (bei Wechselspannung) bzw. 1.500 V (bei Gleichspannung) beträgt. Dazu zählen in der Regel alle Windkraftanlagen mit einer Generatorleistung kleiner 50 kW. (OVE/ON 2011)

Jedoch haben viele Länder und Verbände eigene Definitionen für den Begriff KWEA. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Definitionen in den ausgewählten Kleinwindmärkten. In Österreich gibt es keine einheitliche Definition, jedoch erfolgt im Rahmen des Genehmigungsverfahrens eine Unterteilung in die folgenden 3 Kategorien:

- Kategorie 1: bis 2 m<sup>2</sup> (Nennleistung < 0,5 kW)
- Kategorie 2: bis 60 m<sup>2</sup> (Nennleistung < 15 kW)
- Kategorie 3: bis 200 m<sup>2</sup> (Nennleistung < 50 kW)

Tabelle 1: Unterschiedliche Definitionen für den Begriff KWEA (AWEA 2011; BWEA 2008; OVE/ON 2007a; WWEA 2013)

	Organisation	Klassifizierung	Nennleistung in kW
International	Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC)	Kleinwindkraftanlagen	< 50
China	Erneuerbare Energie & Energie Effizienz Vereinigung	Kleinwindturbine	< 100
Großbritannien	Britische Interessensvertretung für Windenergie (BWEA)	Mikro-Windanlagen	0 - 1,5
		Klein-Windanlagen	1,5 - 15
		Klein-Mittel Windanlagen	15 - 100
USA	Amerikanische Interessensvertretung für Windenergie (AWEA)	Kleinwindturbine	< 100

In der Praxis hat sich diese Einteilung jedoch noch nicht durchgesetzt. Im allgemeinen Sprachgebrauch werden Kleinwindkraftanlagen < 1 kW oftmals als Mikrowindanlagen bezeichnet.

### 3.2 Technik

Grundsätzlich unterscheidet man bei KWEA zwischen Anlagen mit vertikaler Drehachse (Vertikalläufer, kurz VAWT) und Anlagen mit horizontaler Drehachse (Horizontalläufer, HAWT).

Nicht nur im Bereich der Großwindkraft sondern auch im Bereich der Kleinwindkraft sind Anlagen mit horizontaler Drehachse die dominierende Bauform. Im Vergleich zur Großwindkraft, wo über 90 % der Anlagen als Horizontalläufer mit 3 Rotorblättern ausgeführt sind, sind im Bereich der Kleinwindkraft unterschiedliche Ausführungen am Markt erhältlich, wie in Abbildung 3 ersichtlich.



Abbildung 3: Ausgewählte in Österreich erhältliche Horizontalläufer: Ecovent 9,9 kW, SkyWind, Schachner 5 kW, EasyWind 6 kW (Quellen: Warmuth 2014, FuSystems SkyWind UG 2016, Mischtechnik Hoffmann & Partner GmbH 2016, Easywind GmbH 2016)

Während sich die Horizontalläufer meist nur durch die Anzahl der Rotorblätter unterscheiden, existieren bei Vertikalläufern eine Vielzahl unterschiedlicher Ausführungen, wie in Abbildung 4 ersichtlich.



Abbildung 4: Ausgewählte in Österreich erhältliche Vertikalläufer: Turbina TE20, Amperius VK250, Silent Future Tec (Quellen: Warmuth 2014, KD Stahl- und Maschinenbau GmbH 2016, TURBINA Energy AG 2016)

Bei Horizontalläufern handelt es sich in der Regel immer um Auftriebsläufer, bei Vertikalläufern unterscheidet man zwischen Auftriebsläufer und Widerstandsläufer. Auftriebsläufer nutzen dabei den aerodynamischen Auftrieb aus, Widerstandsläufer arbeiten hingegen nach dem Widerstandprinzip.



Vertikalläufer haben den Vorteil, dass sie windrichtungsunabhängig funktionieren, sprich den Wind unabhängig von seiner Richtung direkt nutzen können. Horizontalläufer müssen dagegen entweder mittels einer Nachführautomatik oder einer Windfahne gezielt nachgeführt werden.

Weiterführende Informationen dazu sind unter anderem in den folgenden Berichten zu finden:

- Kleinwindkraft – Ein Leitfaden zur Planung um Umsetzung (AEE NÖ-Wien 2014)
- Kleinwindkraft-Marktreport – Die besten Kleinwindkraftanlagen in Deutschland (Jüttemann 2016)

## 4 Energieforschungspark Lichtenegg

### 4.1 Infrastruktur

Im Energieforschungspark wurde in den letzten Jahren eine Mess- und Prüfinfrastruktur zur Prüfung und Vermessung von Kleinwindkraftanlagen geschaffen. An diesem Standort herrschen über das Jahr konstante Windverhältnisse mit einer für Österreich überdurchschnittlich hohen jährlichen Windgeschwindigkeit von über 5 m/s (in 19 m Höhe). 10 Prüfstände, teilweise mit Mastsystemen stehen für diverse Messungen und Prüfungen zur Verfügung (siehe Abbildung 5). Weiters bietet ein eigener Leistungskennlinienmast (siehe Abbildung 5 in rot) in unmittelbarer Nähe des Windmessmasts die Möglichkeiten Leistungskennlinienvermessungen in Anlehnung an die Norm durchzuführen. (Energieforschungspark 2016)

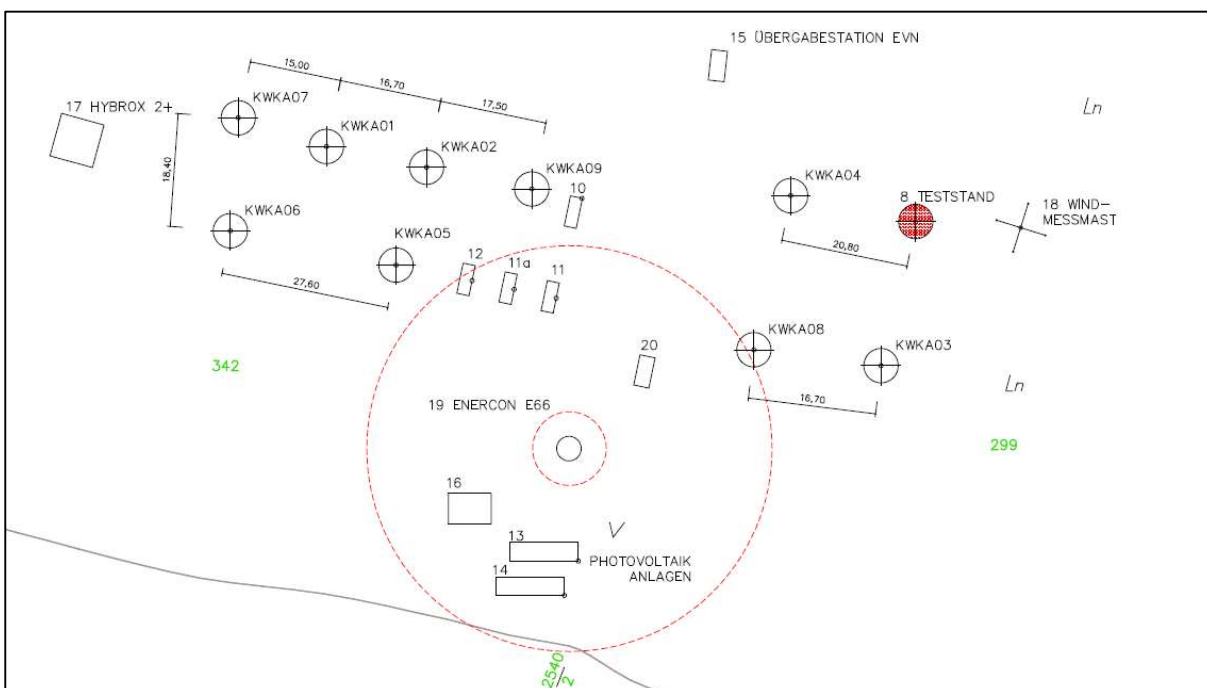


Abbildung 5 - Übersicht Energieforschungspark Lichtenegg

Neben den angebotenen Mess- und Prüfdienstleistungen werden im Energieforschungspark Lichtenegg regelmäßig kostenlose öffentliche Führungen veranstaltet, um der interessierten Öffentlichkeit einen Einblick in das Thema Kleinwindkraft zu ermöglichen.



Abbildung 6: Impressionen Energieforschungspark Lichtenegg

## 4.2 Mess- und Prüfverfahren

Im Energieforschungspark Lichtenegg werden aktuell folgende Mess- und Prüfdienstleistungen angeboten:

### 4.2.1 Langzeitevaluierung

Um Qualität, Betriebssicherheit und Funktionsbereitschaft einer Anlage zu überprüfen, werden Kleinwindkraftanlagen im Energieforschungspark Lichtenegg im Zuge der Langzeitevaluierung über mehrere Monate betrieben. Parallel dazu werden Wind- und Ertragsdaten aufgezeichnet, was einen direkten Vergleich mit den Sollerträgen laut Hersteller sowie mit anderen Kleinwindkraftanlagen im Energieforschungspark ermöglicht.

### 4.2.2 Leistungskennlinienvermessung

Bei der Leistungskennlinienvermessung wird die aus dem Wind umgewandelte elektrische Energie in Abhängigkeit der gemessenen Windwerte gemessen und in Form einer Leistungskurve tabellarisch bzw. grafisch dargestellt. Die Messung erfolgt dabei in Anlehnung an die gültige Norm IEC 61400-12.

### 4.2.3 Power Quality

Bei der Netzqualitätsmessung werden verschiedene Größen zur Beurteilung der Stromqualität der zu evaluierenden Kleinwindkraftanlage (z. B. kurzzeitige Spannungseinbrüche, Kurz- und Langzeitflicker) gemessen.

#### 4.2.4 Schallemissionsmessung

Bei der Vermessung der Schallemission werden die Schallimmissionen einer KWEA in Abhängigkeit der gemessenen Windwerte gemessen, auf den Emissionspunkt zurückgerechnet und als Schallemissionsgutachten dargestellt. Die Messung erfolgt dabei in Anlehnung an die gültige Norm IEC 61400-11.

#### 4.2.5 Schwingungs- und Vibrationsmessung

Im Betrieb von KWEA können Massenunwuchten und unsymmetrische Rotorblattanströmungen, sowie Böen unweigerlich zu Schwingungen der gesamten Anlage führen. Speziell bei gebäudemontierten KWEA sind Schwingungen und Vibrationen kritisch zu betrachten, weil diese auf das Gebäude übertragen werden können. Die Messung gibt Aufschluss über das Schwingungs- und Vibrationsverhalten der jeweiligen Anlagen und kann in einem weiteren Schritt als Grundlage für die Entwicklung entsprechender Maßnahmen zur Reduktion von Vibrationen und Schwingungen herangezogen werden.

### 4.3 Methodik

Im Kapitel 4.4 „Kleinwindkraftanlagen im Test - Ergebnisse“ werden technische Daten, Angaben zur Laufzeit sowie den durchgeführten Messungen und Prüfungen sowie – wenn möglich – die jeweiligen Ergebnisse der Messungen für ausgewählte Kleinwindkraftanlagen, die in den letzten Jahren im Energieforschungspark Lichtenegg vermessen wurden, dargestellt. Die Darstellung ist dabei in folgende Kategorien aufgeteilt:

- Technische Daten
- Durchgeführte Untersuchungen
- Leistungsdaten
- Laufzeit
- Ertragsdaten
- Wirtschaftlichkeit

Die einzelnen Kategorien werden folgend im Detail beschrieben.

#### 4.3.1 Leistungsdaten

##### Leistungskennlinie

Wird eine Kleinwindkraftanlage im Energieforschungspark Lichtenegg vermessen, stellt der Hersteller in der Regel eine Leistungskurve der Anlage für diverse Berechnungen (z. B. Ertragsberechnung) zur Verfügung. Diese wird in der Folge in Grün dargestellt (Bezeichnung „Hersteller“). Darüber hinaus wird für jene Anlagen, bei denen im Energieforschungspark Lichtenegg eine Leistungskennlinie in Anlehnung an die IEC61400 erstellt wurde, die gemessene Leistungskennlinie (in blau, Bezeichnung „Lichtenegg“) dargestellt.

##### Nennleistung

Um eine Vergleichbarkeit des Leistungsvermögens unterschiedlicher Anlagen zu ermöglichen werden auf Basis der Leistungskennlinie des Herstellers sowie - wenn vorhanden - auf Basis der

gemessenen Leistungskennlinie aus Lichtenegg die Nennleistungen für verschiedene Windgeschwindigkeiten (6 m/s, 10 m/s und 12 m/s) dargestellt.

### 4.3.2 Laufzeit

Die Laufzeit gibt an über welchen Zeitraum die jeweilige Kleinwindkraftanlage im Energieforschungspark Lichtenegg vermessen wurde.

### 4.3.3 Ertragsdaten

Im Sinne einer übersichtlichen und verständlichen Darstellung werden auf Basis der Leistungskennlinie des Herstellers sowie der gemessenen Leistungskennlinie in Lichtenegg die jährlichen Erträge für die folgende 3 Standorte berechnet.

- Energieforschungspark Lichtenegg (2813 Tafern)
- Wien (1210 – EnergyBase)
- Berlin

Wie in Abbildung 7 (Weibullverteilungen) ersichtlich, handelt es sich beim Energieforschungspark Lichtenegg um einen ländlichen Standort mit überdurchschnittlichen guten Windverhältnissen (mittlere jährliche Windgeschwindigkeit > 5 m/s). Bei den Standorten Wien und Berlin handelt es sich um urbane Standorte. Mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von 4,4 m/s stellt der Standort einen überdurchschnittlich guten urbanen bzw. einen durchschnittlichen ruralen Standort dar. Der Standort ENERGYbase in Wien weist die geringste mittlere Jahreswindgeschwindigkeit mit 3,3 m/s auf und entspricht einem unterdurchschnittlich guten Standort.

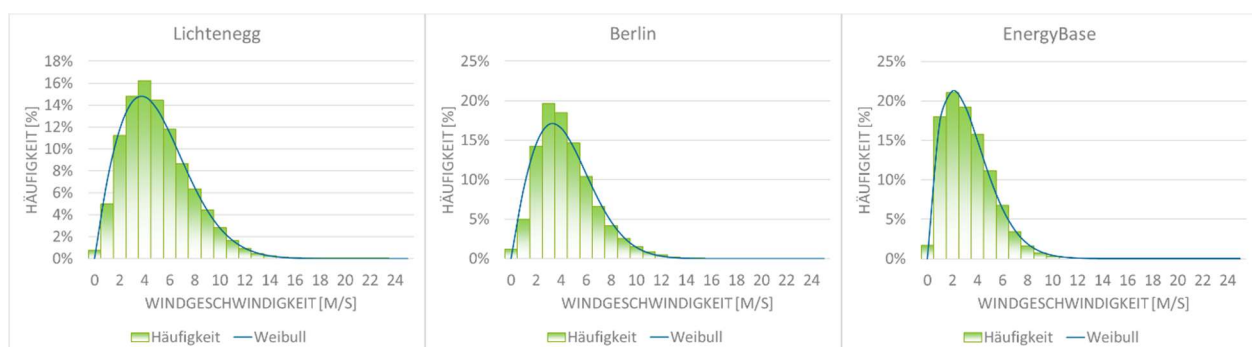


Abbildung 7: Weibullverteilungen Lichtenegg (mittlere Jahreswindgeschwindigkeit > 5 m/s, sehr guter ländlicher Standort), Berlin (mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 4,4 m/s, guter urbaner Standort bzw. mittlerer ländlicher Standort) und Wien (mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 3,3 m/s, unterdurchschnittlicher Standort)

### Jahresertrag

Anhand der Weibullverteilung und der Leistungskennlinien der Hersteller (in grün, Bezeichnung „Hersteller“) bzw. der gemessenen Leistungskennlinie in Lichtenegg (in blau, Bezeichnung „Lichtenegg“) wird der jährliche Ertrag der jeweiligen Anlage für alle drei Standorte näherungsweise berechnet. Darüber hinaus wurde - wenn vorhanden - der für ein Jahr gemessene Ertrag aus dem Energieforschungspark Lichtenegg dargestellt (in grau, Bezeichnung „Lichtenegg Messung“).

### Jahresertrag/m<sup>2</sup>

Für einen größenunabhängigen Vergleich verschiedener Anlagen wird der Jahresertrag pro Quadratmeter Rotorfläche dargestellt.

### Volllaststunden

Zusätzlich werden die möglichen Volllaststunden der jeweiligen Anlagen an allen 3 Standorten dargestellt. Um eine Vergleichbarkeit unabhängig der Nennleistung zu ermöglichen, wurden die standortspezifischen Erträge durch die ermittelte Nennleistung bei 10 m/s geteilt.

### 4.3.4 Wirtschaftlichkeit

Auf Basis der Ertragsdaten sowie der von den HerstellerInnen übermittelten Systempreise werden abschließend die Amortisationsdauer sowie die Stromgestehungskosten für die 3 betrachteten Standorte abgeschätzt.

#### Amortisationsdauer

Die Abschätzung der Amortisationsdauer basiert auf den berechneten (durchgezogene Linien, für alle 3 Standorte) und den im Energieforschungspark gemessenen (gestrichelte Linien, nur für Lichtenegg) Erträgen. Darüber hinaus wurden folgende Annahmen getroffen:

- 100 % der erzeugten Energie wird ins Netz eingespeist.
- Eingespeiste Energie wird mit 9 €Cent/kWh vergütet. Das entspricht dem OeMAG Einspeisetarif für Windkraftanlagen im Jahr 2017 (IG-Windkraft 2017).
- Kosten für Service und Wartung wurden nicht berücksichtigt.

#### Stromgestehungskosten

Die Stromgestehungskosten beschreiben jene Kosten, die für die Erzeugung 1 kWh mit einer Kleinwindkraftanlage anfallen. Die Berechnung erfolgt für eine angenommene Nutzungsdauer von 20 Jahren sowie auf Basis der selben Annahmen wie für die Berechnung der Amortisationsdauer.

## 4.4 Kleinwindkraftanlagen im Test - Ergebnisse

Zwischen dem Jahr 2011 und 2017 waren insgesamt 17 Kleinwindkraftanlagen für Vermessungen in Lichtenegg im Betrieb. Dabei sind je nach Anlagenverfügbarkeit Langzeitmessungen durchgeführt und Leistungskennlinien nach Norm vermessen worden. Des Weiteren konnten auch in den letzten Jahren Schwingungs- und Vibrationsmessungen sowie Schallemissionsmessungen durchgeführt werden. Die folgenden Punkte geben einen Überblick über die Anlagen, die durchgeführten Leistungen und Ergebnisse der Vermessungstätigkeiten.

#### 4.4.1 Amperius VK-58

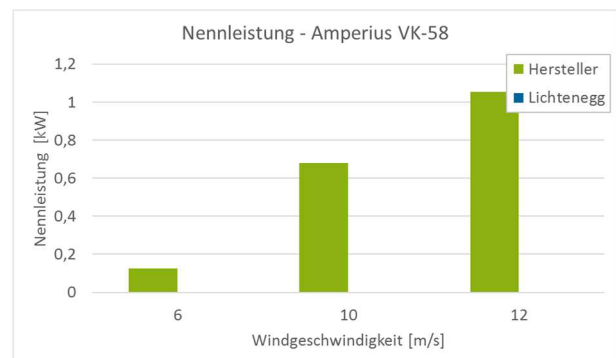
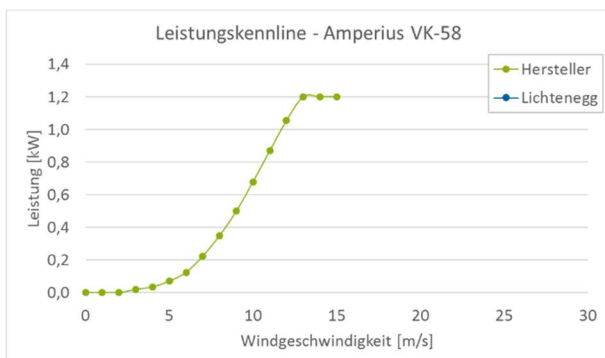
Firma	KD-Stahl	
Name	Amperius VK-58	
Läufer/Achslage	Darrieus-Helix / Vertikal	
Drehzahl	0 bis 300	U/min
Rotordurchmesser	2,40 x 2,48	m
Rotorfläche	5,952	m <sup>2</sup>
Rotorblätter	3	-
Ein-/Ausschaltgeschwindigkeit	3 bis 15	m/s
Gewicht	150	kg
Generator	Permanentmagnet	



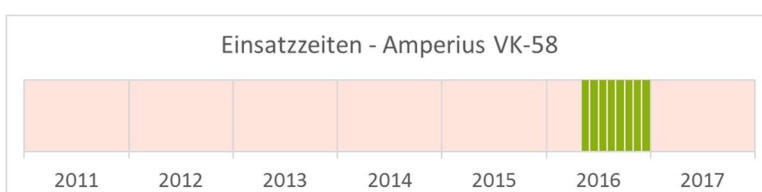
#### Durchgeführte Untersuchungen

- Langzeitevaluierung
- Leistungskennlinienvermessung
- PowerQuality (Netzverträglichkeit)
- Schallmessung
- Schwingungs- und Vibrationsmessung

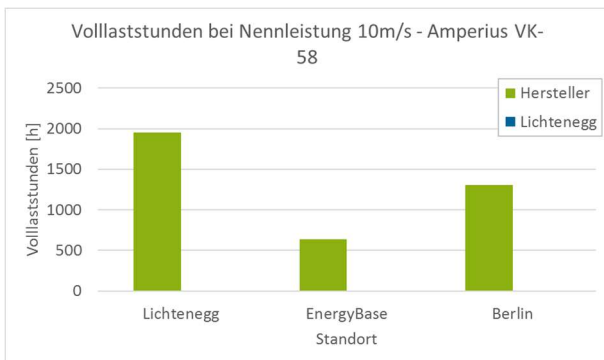
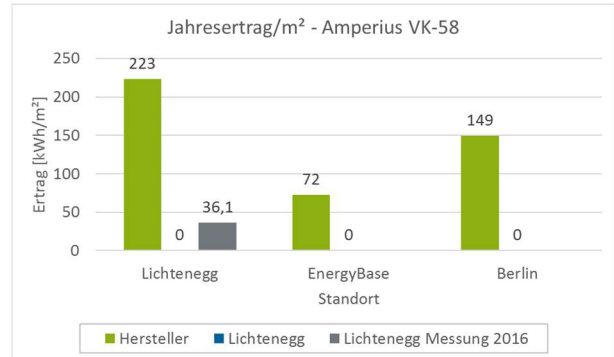
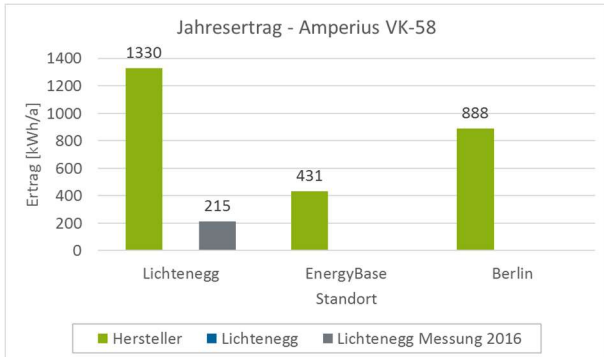
#### Leistungsdaten



#### Laufzeit



## Ertragsdaten



### Berechnungsgrundlage:

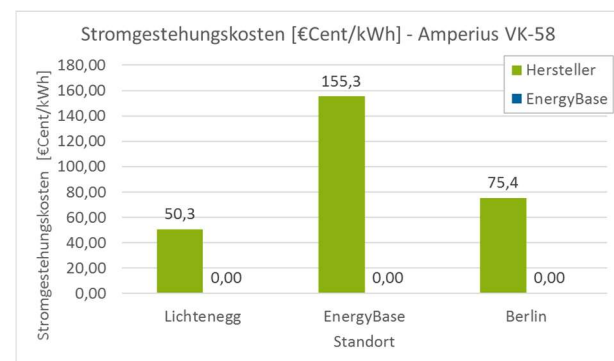
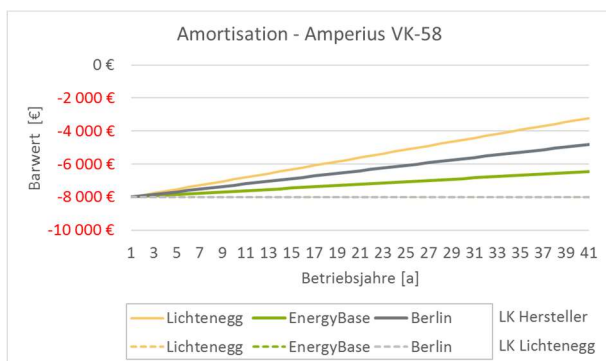
- Lichtenegg 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 5,02 m/s
- ENERGYbase 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 3,28 m/s
- Berlin 01/2013 bis 12/2013  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 4,38 m/s

### Messzeitraum Lichtenegg:

- 07/2016 bis 12/2016

**Anmerkung:** Die in Lichtenegg gemessenen Erträge fallen geringer aus als die berechneten, weil die Anlage aufgrund eines Schadens nach einem halben Jahr außer Betrieb genommen wurde.

## Wirtschaftlichkeit



#### 4.4.2 Amperius VK-250

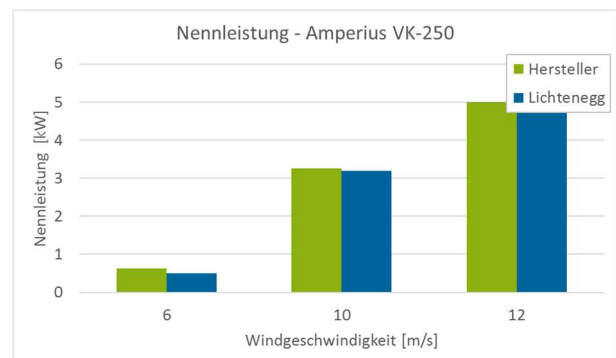
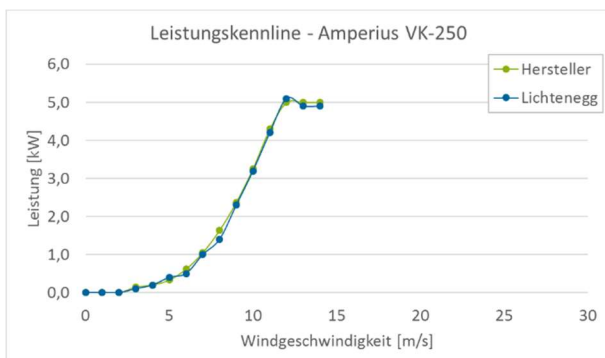
Firma	KD-Stahl	
Name	Amperius VK-58	
Läufer/Achslage	Darrieus-Helix / Vertikal	
Drehzahl	0 bis 150	U/min
Rotordurchmesser	4,50 x 5,46	m
Rotorfläche	22	m <sup>2</sup>
Rotorblätter	3	-
Ein-/ Ausschaltgeschwindigkeit	2,5 bis 14	m/s
Gewicht	880	kg
Generator	Permanentmagnet	



#### Durchgeführte Untersuchungen

- Langzeitevaluierung
- Leistungskennlinienvermessung
- PowerQuality (Netzverträglichkeit)
- Schallmessung
- Schwingungs- und Vibrationsmessung

#### Leistungsdaten

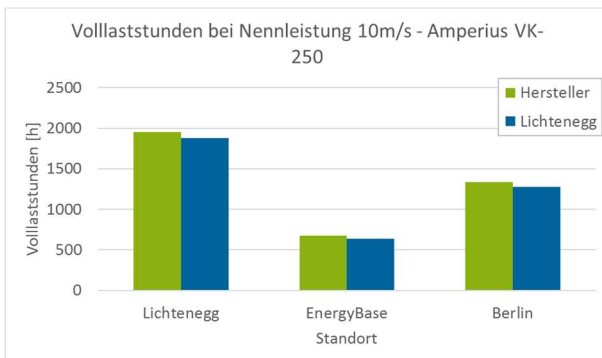
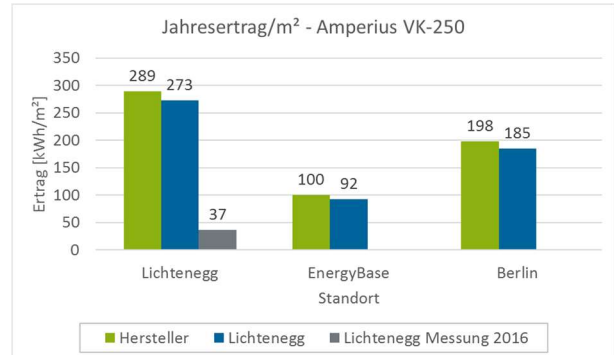
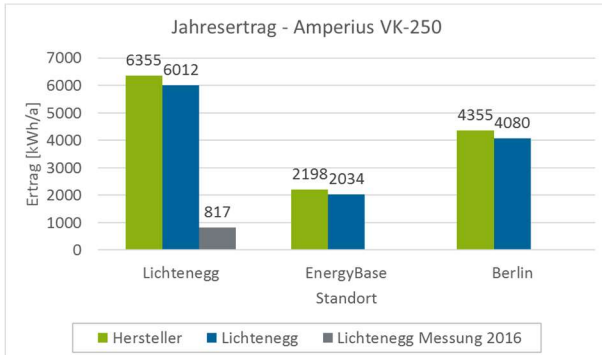


#### Laufzeit





## Ertragsdaten



### Berechnungsgrundlage:

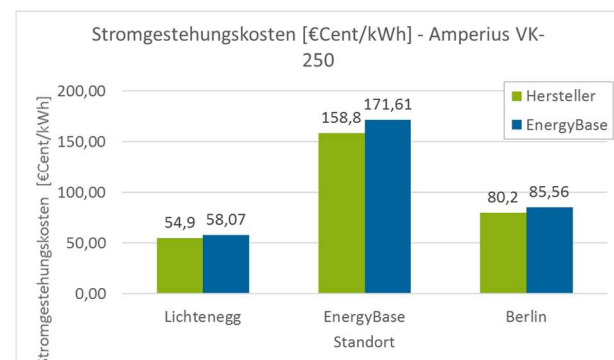
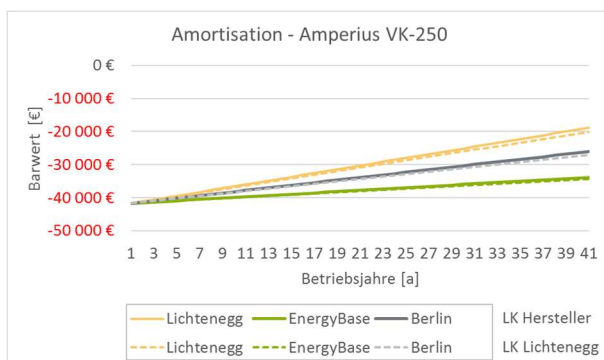
- Lichtenegg 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 5,02 m/s
- ENERGYbase 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 3,28 m/s
- Berlin 01/2013 bis 12/2013  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 4,38 m/s

### Messzeitraum Lichtenegg:

- 07/2016 bis 11/2016

**Anmerkung:** Die in Lichtenegg gemessenen Erträge fallen geringer aus als die berechneten, weil die Anlage aufgrund des Auslaufens eines Forschungsprojekts nach einem halben Jahr außer Betrieb genommen wurde.

## Wirtschaftlichkeit



### 4.4.3 Black 300

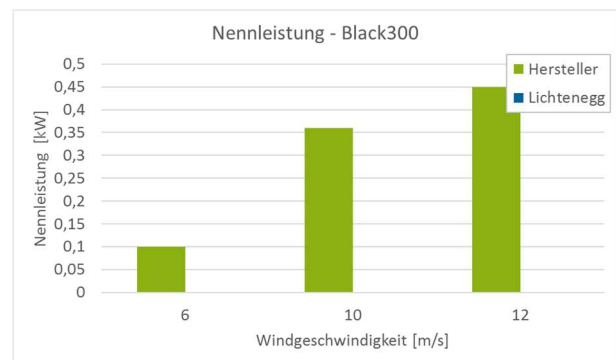
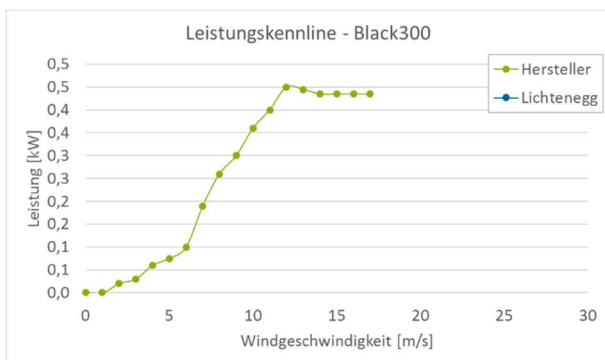
Firma	Volt-Watt-Ampere	
Name	Black 300	
Läufer/Achslage	Lüvläufer	/
	Horizontal	
Drehzahl	-	U/min
Rotordurchmesser	1,22	m
Rotorfläche	1,17	m <sup>2</sup>
Rotorblätter	3	-
Ein-/ Ausschaltgeschwindigkeit	1 bis 17	m/s
Gewicht	16	kg
Generator	Permanentmagnet	



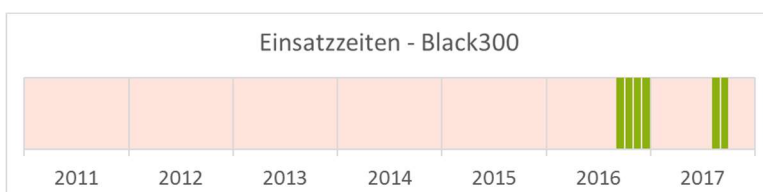
### Durchgeführte Untersuchungen

- Langzeitevaluierung
- Leistungskennlinienvermessung
- PowerQuality (Netzverträglichkeit)
- Schallmessung
- Schwingungs- und Vibrationsmessung

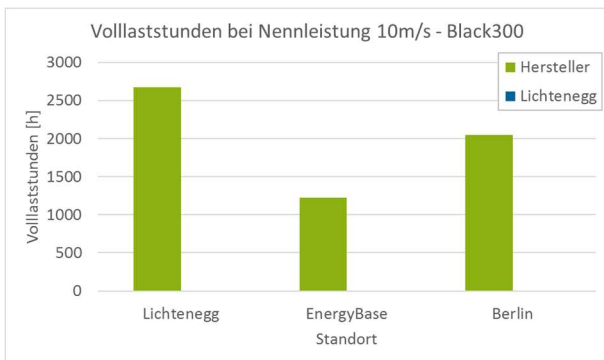
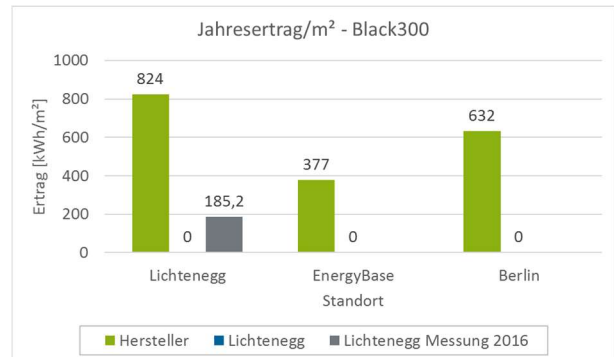
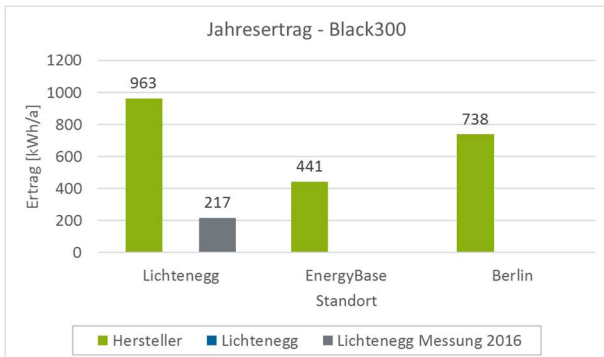
### Leistungsdaten



### Laufzeit



## Ertragsdaten



### Berechnungsgrundlage:

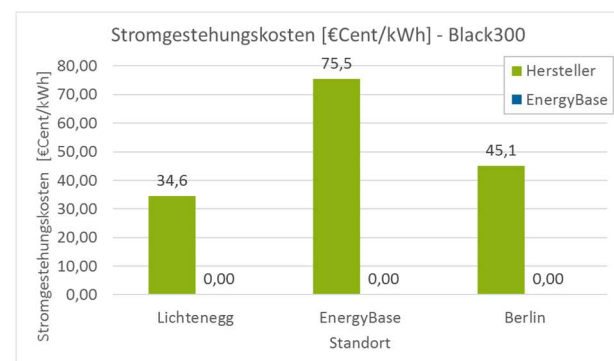
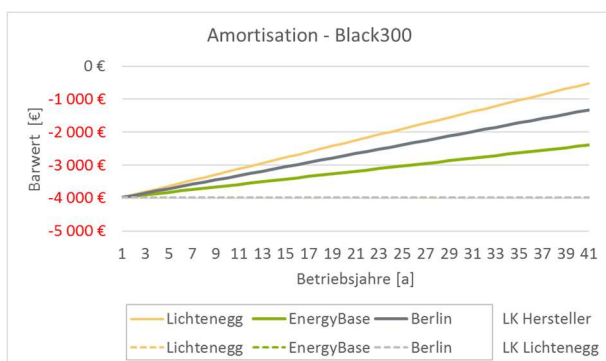
- Lichtenegg 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 5,02 m/s
- ENERGYbase 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 3,28 m/s
- Berlin 01/2013 bis 12/2013  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 4,38 m/s

### Messzeitraum Lichtenegg:

- 08/2016 bis 12/2016

**Anmerkung:** Die in Lichtenegg gemessenen Erträge fallen geringer aus als die berechneten, weil die Anlage erst in der zweiten Jahreshälfte installiert und nach wenigen Monaten aufgrund eines Schadens außer Betrieb genommen wurde.

## Wirtschaftlichkeit



#### 4.4.4 EasyWind 6AC

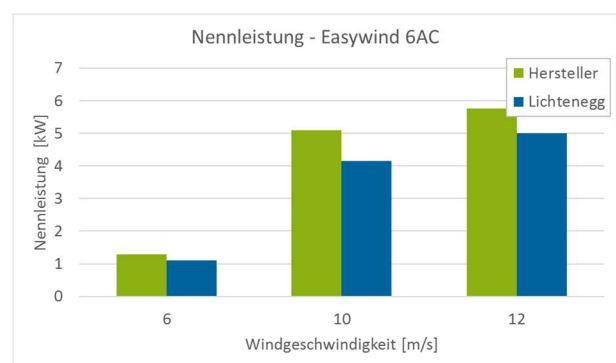
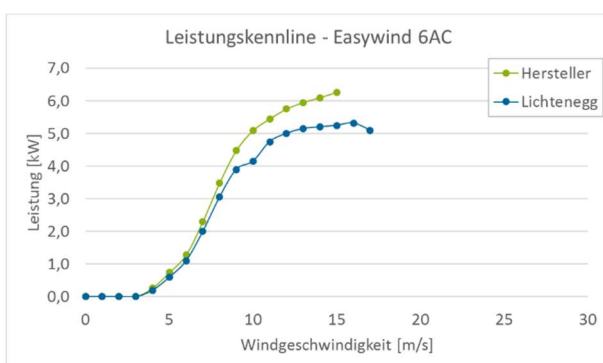
Firma	EasyWind GmbH	
Name	EasyWind 6AC	
Läufer/Achslage	Luvläufer Horizontal	/
Drehzahl	83 bis 124	U/min
Rotordurchmesser	6	m
Rotorfläche	28,27	m <sup>2</sup>
Rotorblätter	4	-
Ein-/ Ausschaltgeschwindigkeit	3 / 15	m/s
Gewicht	447	kg
Generator	Asynchron polumschaltbar	



#### Durchgeführte Untersuchungen

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Langzeitevaluierung           | <input type="checkbox"/> Schallmessung                      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Leistungskennlinienvermessung | <input type="checkbox"/> Schwingungs- und Vibrationsmessung |
| <input type="checkbox"/> PowerQuality (Netzverträglichkeit)       |   |

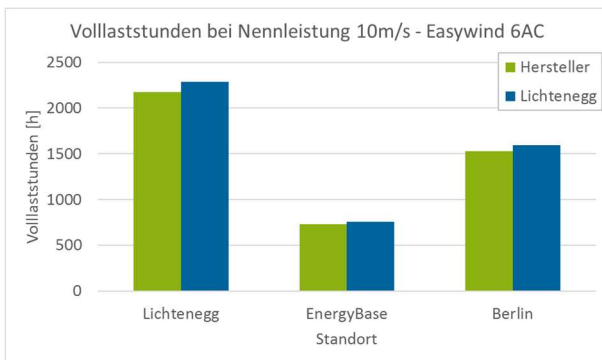
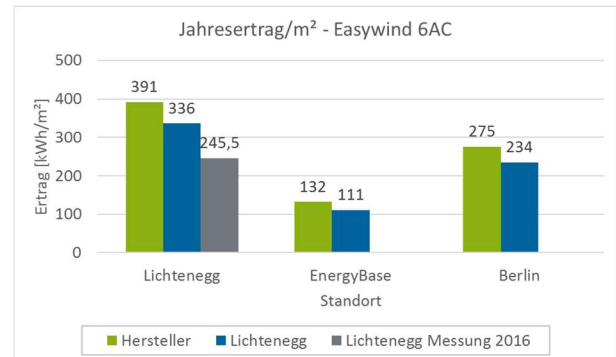
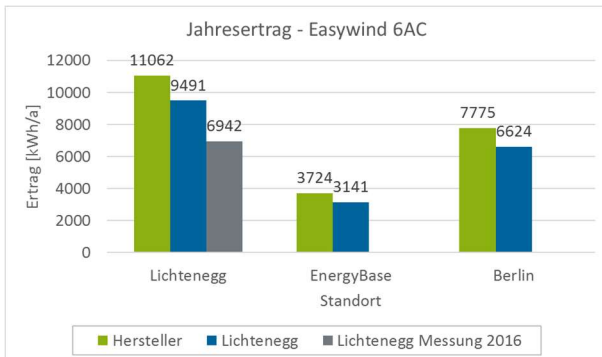
#### Leistungsdaten



#### Laufzeit



## Ertragsdaten



### Berechnungsgrundlage:

- Lichtenegg 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 5,02 m/s
- ENERGYbase 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 3,28 m/s
- Berlin 01/2013 bis 12/2013  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 4,38 m/s

### Messzeitraum Lichtenegg:

- 01/2016 bis 12/2016

Die in Lichtenegg gemessenen Erträge fallen geringer aus als die berechneten, weil die Anlage aufgrund von Stromausfällen im Forschungspark für kurze Zeitabschnitte still stand.

#### 4.4.5 Ecovent 10 kW

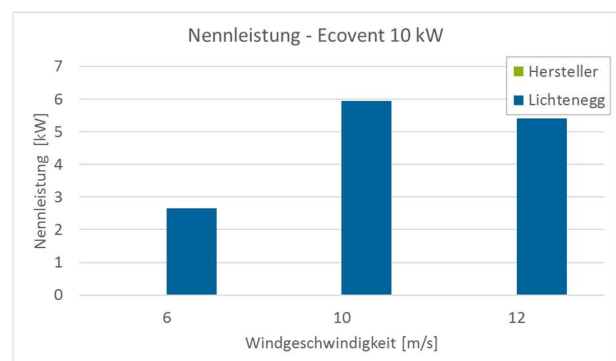
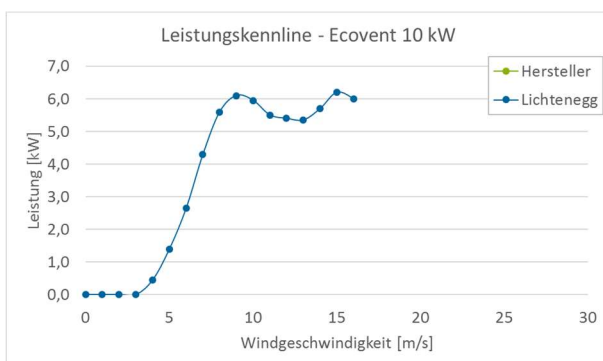
Firma	Mischtechnik Hoffmann & Partner	
Name	Ecovent 10 kW	
Läufer/Achslage	Leeläufer Horizontal	/
Drehzahl	0 bis 90	U/min
Rotordurchmesser	8,5	m
Rotorfläche	56,7	m <sup>2</sup>
Rotorblätter	3	-
Ein-/ Ausschaltgeschwindigkeit	3 / 25	m/s
Gewicht	2000	kg
Generator		



#### Durchgeführte Untersuchungen

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Langzeitevaluierung           | <input type="checkbox"/> Schallmessung                      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Leistungskennlinienvermessung | <input type="checkbox"/> Schwingungs- und Vibrationsmessung |
| <input type="checkbox"/> PowerQuality (Netzverträglichkeit)       |   |

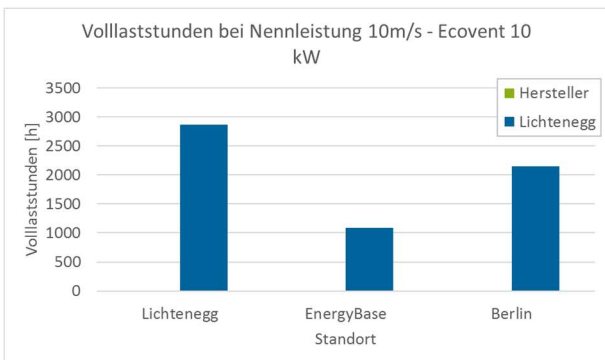
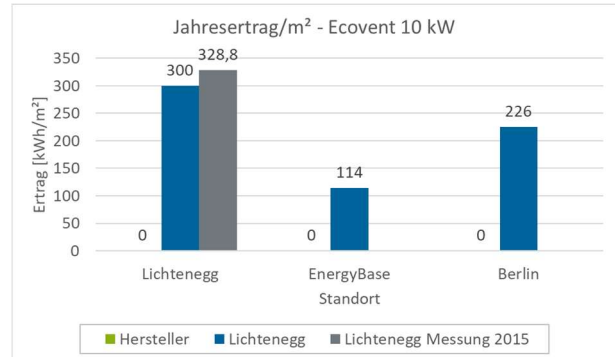
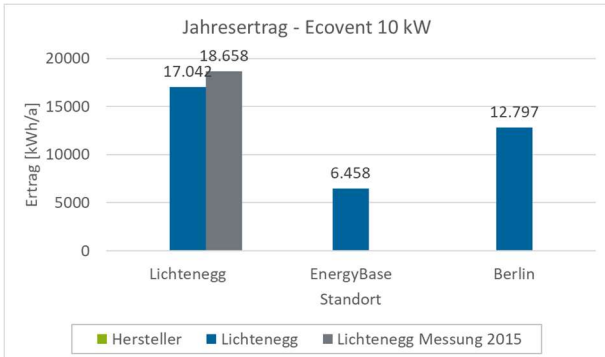
#### Leistungsdaten



#### Laufzeit



## Ertragsdaten



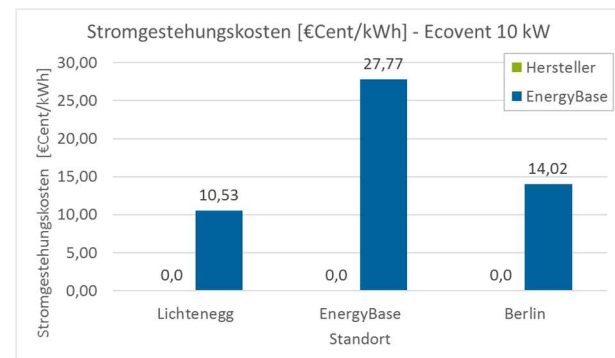
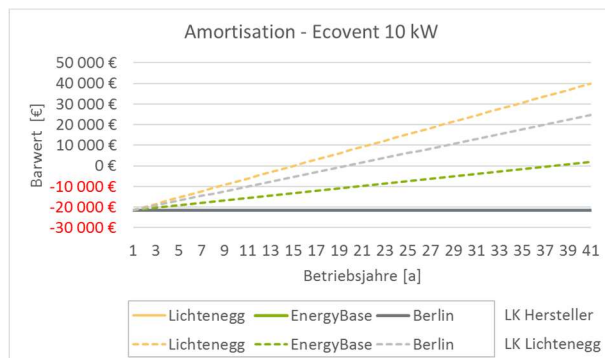
### Berechnungsgrundlage:

- Lichtenegg 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 5,02 m/s
- ENERGYbase 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 3,28 m/s
- Berlin 01/2013 bis 12/2013  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 4,38 m/s

### Messzeitraum Lichtenegg:

- 01/2015 bis 12/2015

## Wirtschaftlichkeit



#### 4.4.6 M 2500

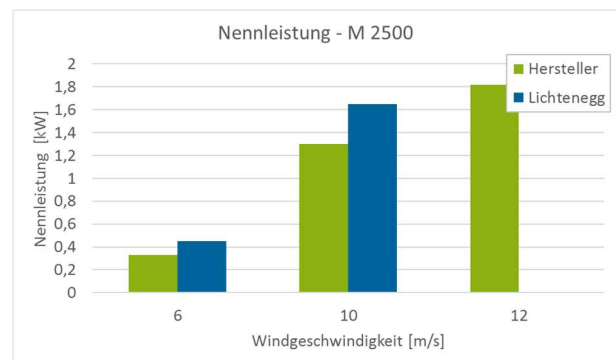
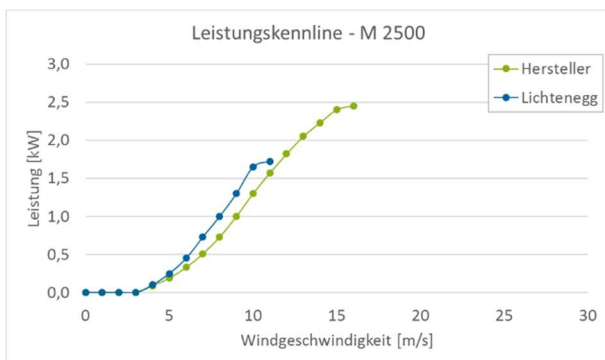
Firma	Minvento S.r.l	
Name	M 2500	
Läufer/Achslage	Luvläufer / Horizontal	
Drehzahl	0 bis 2500	U/min
Rotordurchmesser	3,2	m
Rotorfläche	8,0	m <sup>2</sup>
Rotorblätter	3	-
Ein-/ Ausschaltgeschwindigkeit	4 / 15	m/s
Gewicht	68	kg
Generator	Permanentmagnet	



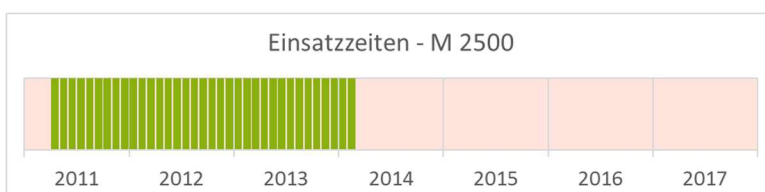
#### Durchgeführte Untersuchungen

- Langzeitevaluierung
- Leistungskennlinienvermessung
- PowerQuality (Netzverträglichkeit)
- Schallmessung
- Schwingungs- und Vibrationsmessung

#### Leistungsdaten

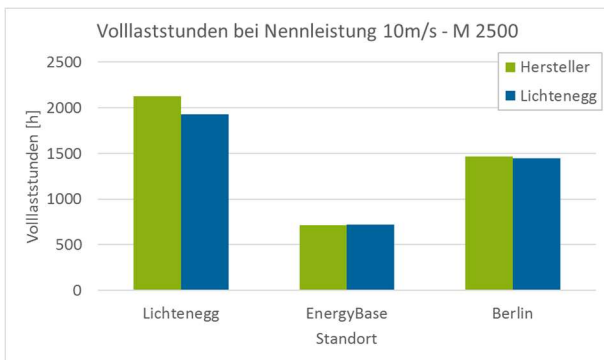
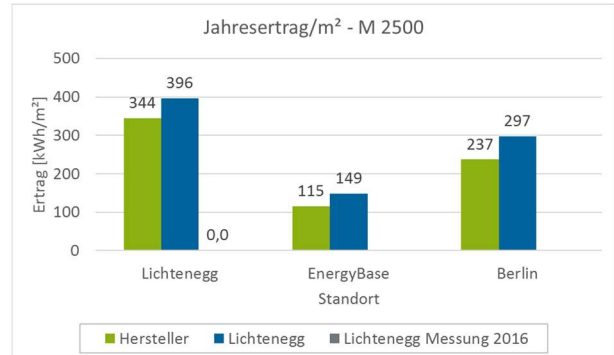
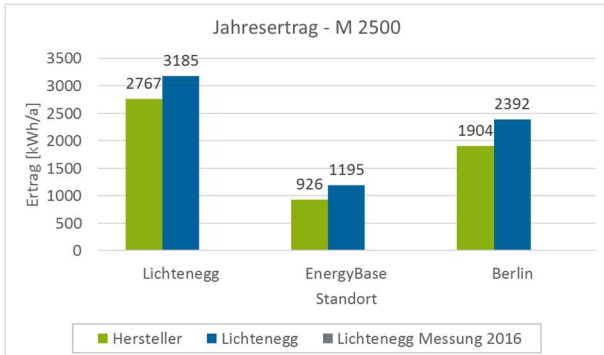


#### Laufzeit





## Ertragsdaten



### Berechnungsgrundlage:

- Lichtenegg 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 5,02 m/s
- ENERGYbase 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 3,28 m/s
- Berlin 01/2013 bis 12/2013  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 4,38 m/s

#### 4.4.7 Schachner SW05

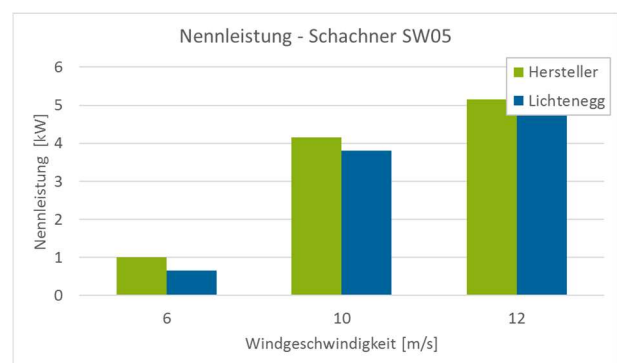
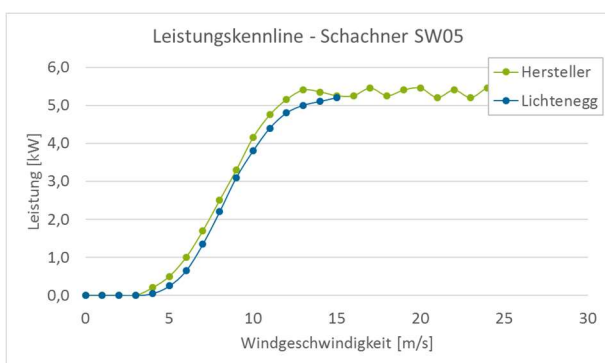
Firma	Schachner Wind GmbH	
Name	Schachner SW05	
Läufer/Achslage	Leeläufer Horizontal	/
Drehzahl	0 bis 240	U/min
Rotordurchmesser	5,6	m
Rotorfläche	24,6	m <sup>2</sup>
Rotorblätter	3	-
Ein-/ Ausschaltgeschwindigkeit	4,5 / 36	m/s
Gewicht	340	kg
Generator	Permanentmagnet	



#### Durchgeführte Untersuchungen

- |   |  |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Langzeitevaluierung           | <input type="checkbox"/> Schallmessung                                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Leistungskennlinienvermessung | <input checked="" type="checkbox"/> Schwingungs- und Vibrationsmessung |
| <input type="checkbox"/> PowerQuality (Netzverträglichkeit)       |  |

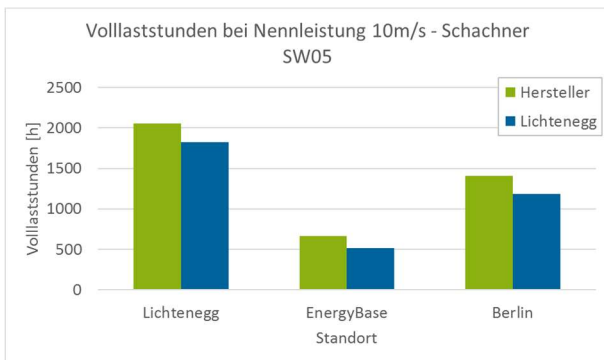
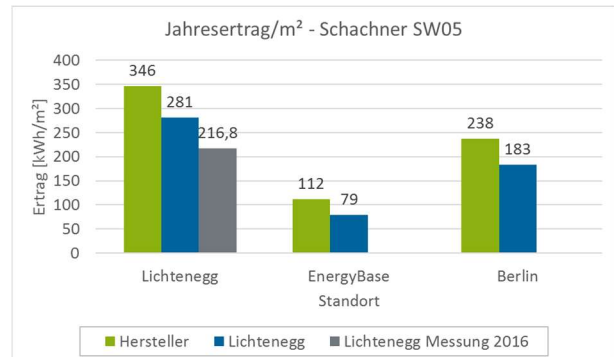
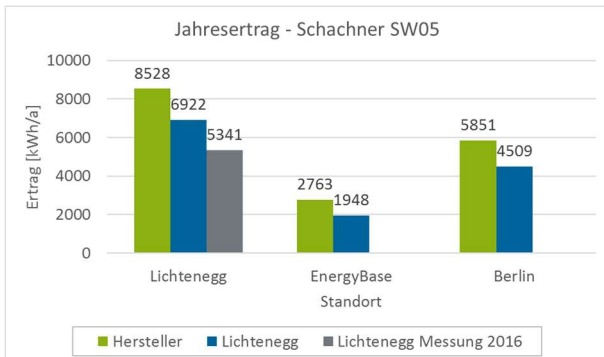
#### Leistungsdaten



#### Laufzeit



## Ertragsdaten



### Berechnungsgrundlage:

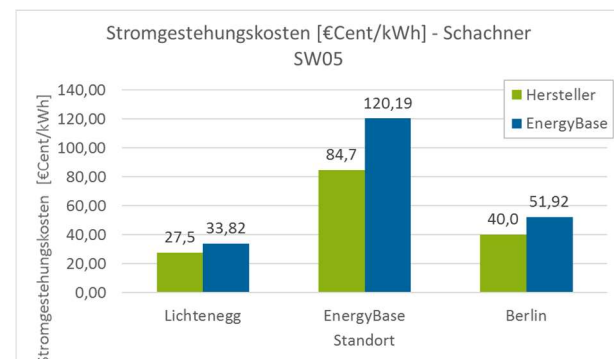
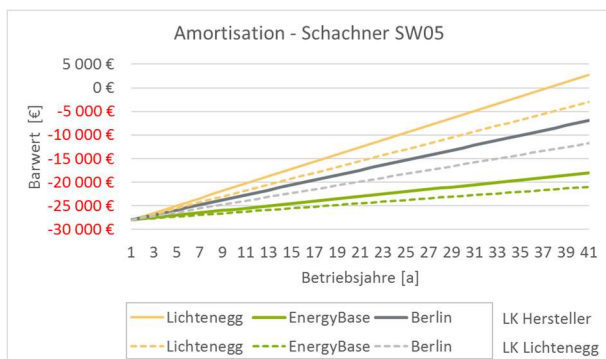
- Lichtenegg 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 5,02 m/s
- ENERGYbase 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 3,28 m/s
- Berlin 01/2013 bis 12/2013  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 4,38 m/s

### Messzeitraum Lichtenegg:

- 01/2016 bis 12/2016

Die in Lichtenegg gemessenen Erträge fallen geringer aus als die berechneten, weil die Anlage für ein Forschungsprojekt im Jahr 2016 abgeschaltet wurde und es zu Stromausfällen im Forschungspark kam.

## Wirtschaftlichkeit



#### 4.4.8 SFTV 4,2 kW

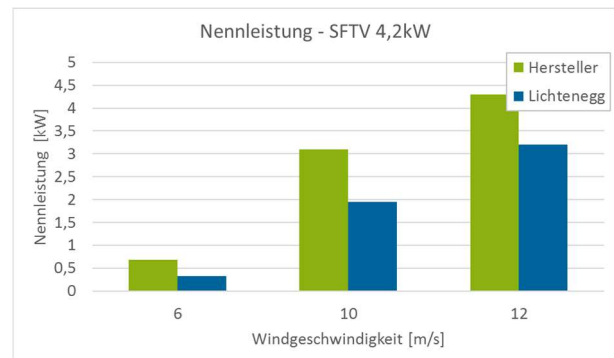
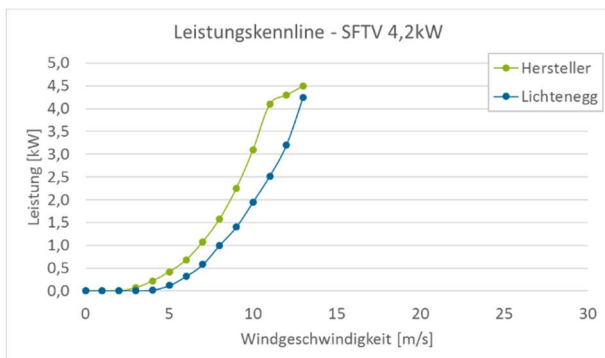
Firma	Silent Future-Tec GmbH	
Name	SFTV 4,2 kW	
Läufer/Achslage	Darrieus / Vertikal	
Drehzahl	0 bis 165	U/min
Rotordurchmesser	4	m
Rotorfläche	16	m <sup>2</sup>
Rotorblätter	3	-
Ein-/ Ausschaltgeschwindigkeit	3 / 13	m/s
Gewicht	520	kg
Generator	Permanenterregt	



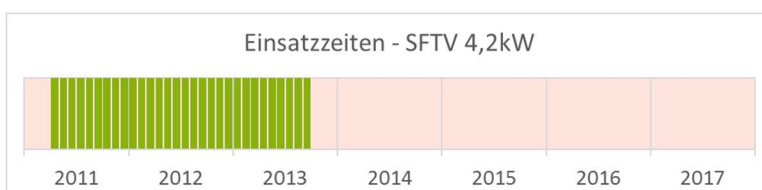
#### Durchgeführte Untersuchungen

- Langzeitevaluierung
- Leistungskennlinienvermessung
- PowerQuality (Netzverträglichkeit)
- Schallmessung
- Schwingungs- und Vibrationsmessung

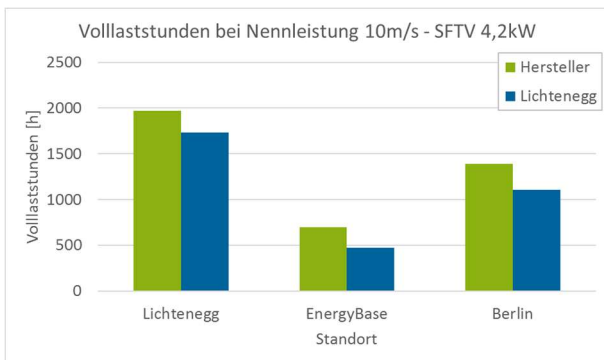
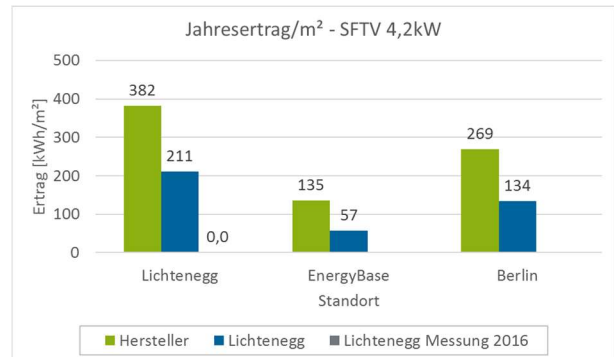
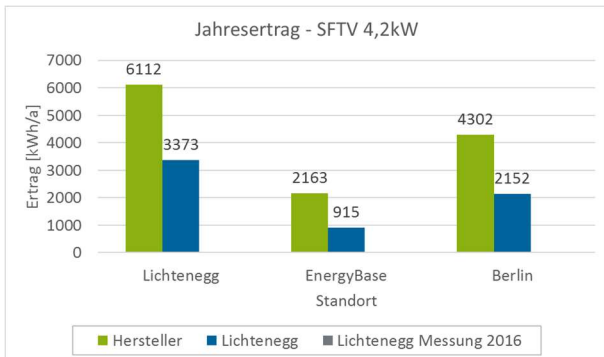
#### Leistungsdaten



#### Laufzeit



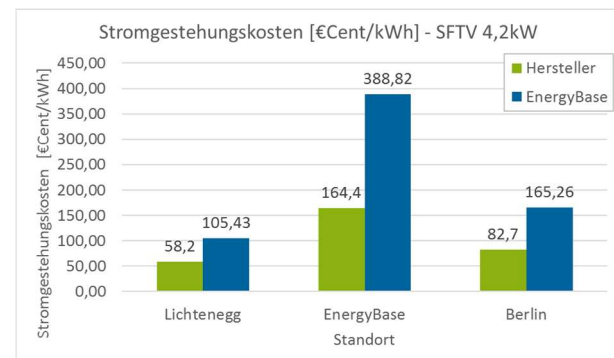
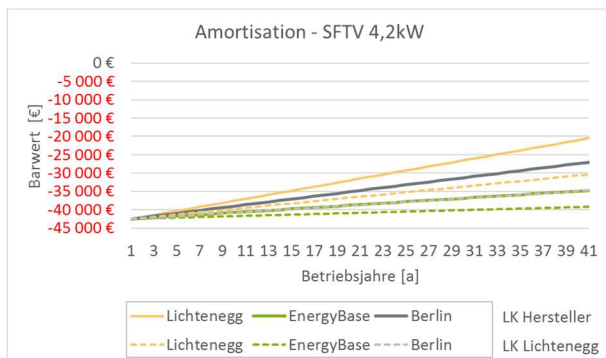
## Ertragsdaten



### Berechnungsgrundlage:

- Lichtenegg 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 5,02 m/s
- ENERGYbase 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 3,28 m/s
- Berlin 01/2013 bis 12/2013  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 4,38 m/s

## Wirtschaftlichkeit



#### 4.4.9 Vertikon M

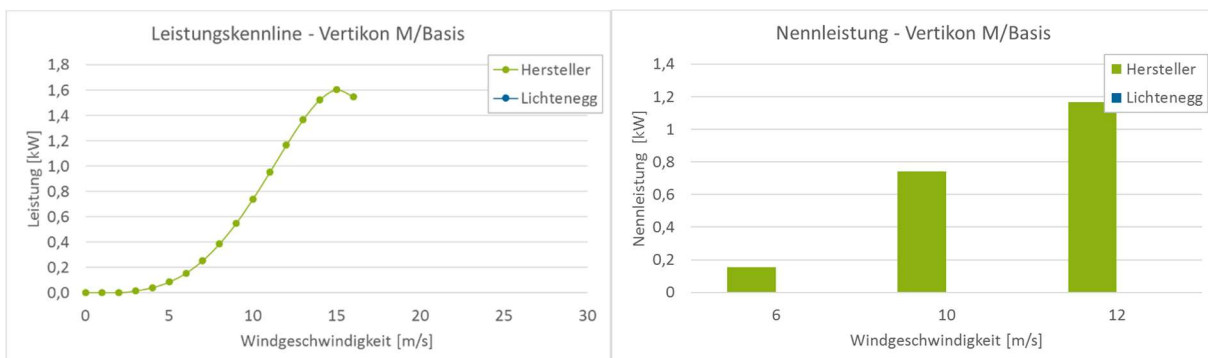
Firma	DeTecVision	
Name	Vertikon M/Basis	
Läufer/Achslage	Darriues-Helix / Vertikal	
Drehzahl	0 bis 300	U/min
Rotordurchmesser	2,4 x 2,48	m
Rotorfläche	5,9	m <sup>2</sup>
Rotorblätter	3	-
Ein-/ Ausschaltgeschwindigkeit	4 / 16	m/s
Gewicht	150	kg
Generator	Permanentmagnet	



#### Durchgeführte Untersuchungen

- Langzeitevaluierung
- Leistungskennlinienvermessung
- PowerQuality (Netzverträglichkeit)
- Schallmessung
- Schwingungs- und Vibrationsmessung

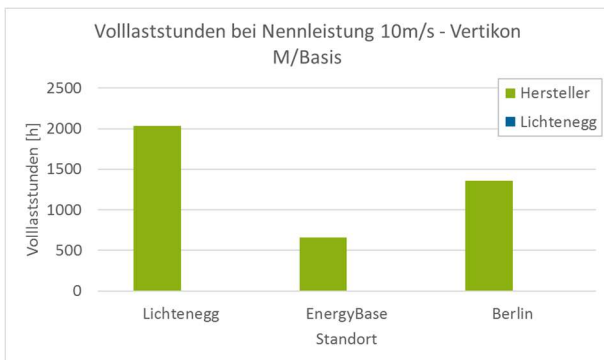
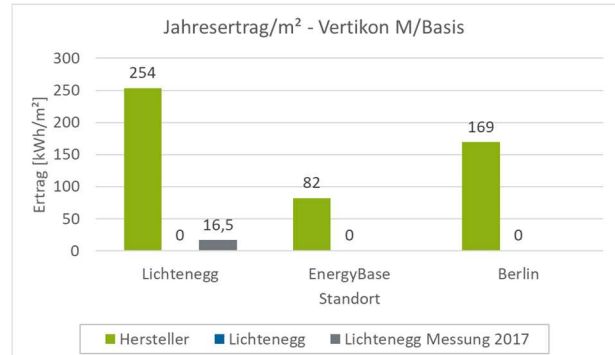
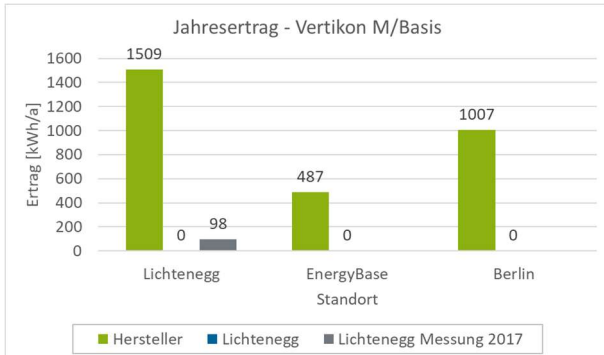
#### Leistungsdaten



#### Laufzeit



## Ertragsdaten



### Berechnungsgrundlage:

- Lichtenegg 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 5,02 m/s
- ENERGYbase 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 3,28 m/s
- Berlin 01/2013 bis 12/2013  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 4,38 m/s

### Messzeitraum Lichtenegg:

- 01/2017 bis 12/2017

#### 4.4.10 Windspot 1,5 kW

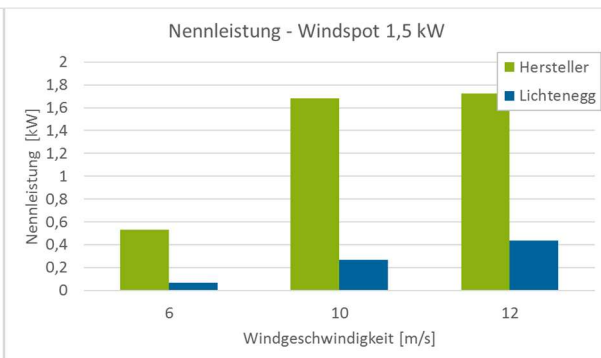
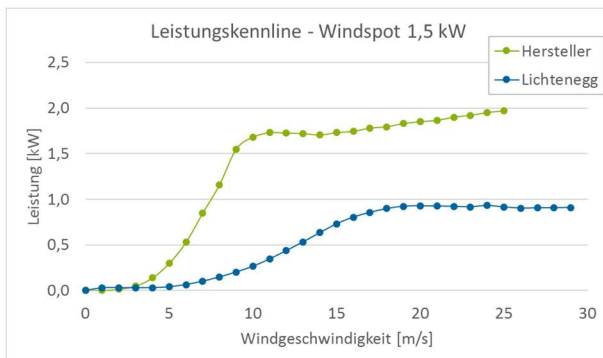
Firma	Sonkyo Energy	
Name	Windspot 1,5 kW	
Läufer/Achslage	Luvläufer / Horizontal	
Drehzahl	0 bis 250	U/min
Rotordurchmesser	4,05	m
Rotorfläche	12,9	m <sup>2</sup>
Rotorblätter	3	-
Ein-/ Ausschaltgeschwindigkeit	3 / 30	m/s
Gewicht	165	kg
Generator	Permanentmagnet	



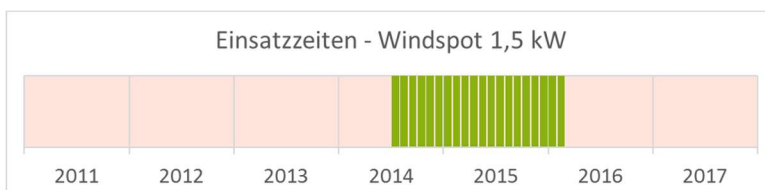
#### Durchgeführte Untersuchungen

- Langzeitevaluierung
- Leistungskennlinienvermessung
- PowerQuality (Netzverträglichkeit)
- Schallmessung
- Schwingungs- und Vibrationsmessung

#### Leistungsdaten

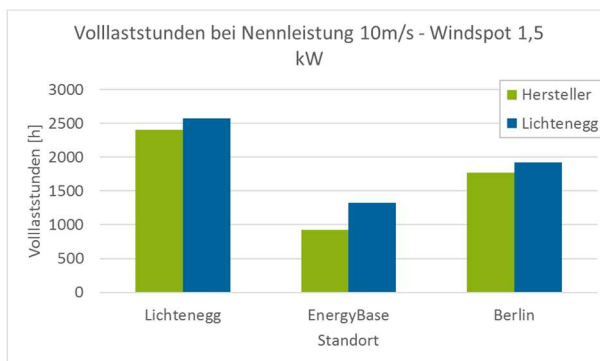
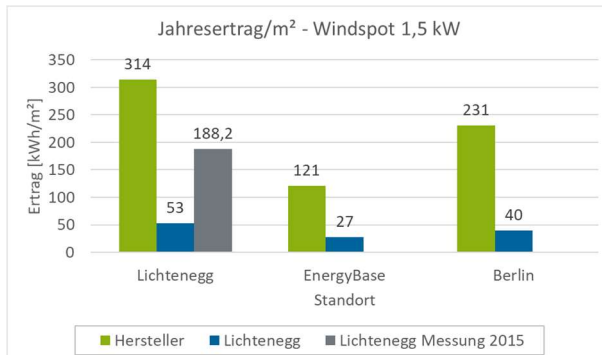
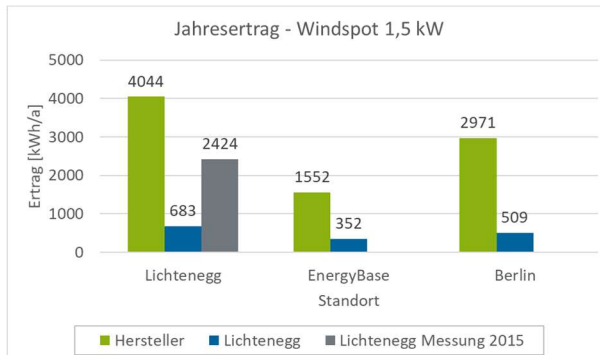


#### Laufzeit





## Ertragsdaten



### Berechnungsgrundlage:

- Lichtenegg 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 5,02 m/s
- ENERGYbase 11/2015 bis 11/2016  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 3,28 m/s
- Berlin 01/2013 bis 12/2013  
mittlere Jahreswindgeschwindigkeit 4,38 m/s

### Messzeitraum Lichtenegg:

- 01/2015 bis 02/2015

## 5 Erfahrungen aus der Praxis

Im Zuge der Erstellung des Kleinwindkraftreports wurden insgesamt 22 KleinwindkraftbetreiberInnen - davon 10 Landwirte, 7 Privatpersonen sowie eine Gemeinde und ein Unternehmen – persönlich, per Mail oder telefonisch befragt. Als Grundlage für die Befragung wurde ein Interviewleitfaden erarbeitet, dieser ist im Anhang zu finden.

Trotz einiger negativer Erfahrung mit qualitativ minderwertigen KWEA in den letzten 10 Jahren in Österreich, funktioniert der überwiegende Teil der in Betrieb befindlichen KWEA zufriedenstellend, wie die durchgeführte Befragung von 22 BetreiberInnen von KWEA zeigt. Als Gründe für den Kauf einer KWEA wurden unter anderem Unabhängigkeit (von den „großen“ Stromproduzenten), Umweltschutz sowie Eigeninteresse an der Technologie genannt. Auch das gute Zusammenspiel mit einer PV-Anlage (Stromerzeugung in der Nacht) war für viele BetreiberInnen ein entscheidendes Kaufargument. Mehr als die Hälfte der befragten Personen hatte vor dem Kauf der KWEA bereits in eine PV-Anlage investiert. Das Thema Wirtschaftlichkeit spielte bei der Kaufentscheidung eine untergeordnete Rolle.

Fast 90 % der Befragten sind mit ihrer KWEA zufrieden und würden erneut in eine KWEA investieren. 3 der befragten BetreiberInnen berichteten über Probleme mit minderwertigen KWEA, die bereits nach kurzer Zeit aufgrund häufiger Defekte und Störungen demontiert wurden. Diese 3 KWEA werden bei den folgenden Auswertungen nicht weiter berücksichtigt.



Abbildung 8 BetreiberInnen von KWEA (eigene Fotografie)

Alle Befragten betreiben Horizontalläufer, 5 mit einer Nennleistung kleiner 1 kW, 7 mit einer Nennleistung um die 5 kW und 7 mit einer Nennleistung zwischen 10 und 15 kW. Die diesbezügliche Bandbreite reicht von 0,3 kW bis zu 15 kW. Die durchschnittliche Nabenhöhe der KWEA betrug 13,2 m. Wie in Abbildung 9 ersichtlich korreliert die Nabenhöhe dabei mit der Leistung, sprich kleinere KWEA (< 1 kW) werden in etwa 10 m Höhe montiert, während größere Anlagen (> 5 kW) in 15 m Höhe bzw. darüber installiert werden.

Während 17 der 19 KWEA freistehend, meist in einem Abstand von 50 bis 100 m vom Wohngebäude entfernt, errichtet wurden, wurden 2 KWEA (Nennleistung 300 bzw. 800 Watt) auf Gebäude – am Dachfirst bzw. auf der Garage) montiert. Die erzielten Volllaststunden der

gebäudemontierten Anlagen liegen dabei mit ca. 50 % deutlich unter jenen der freistehenden Anlagen.

Obwohl der Standort neben der KWEA selbst die Grundvoraussetzung für einen zufriedenstellenden Betrieb darstellt, haben nur etwa 10 % der befragten BetreiberInnen vorab eine Windmessung durchgeführt, während der Großteil auf „ihr Empfinden und ihre Ortskenntnisse“ sowie die Expertise der AnbieterInnen vertrauten. Während der Verzicht auf eine Windmessung bei kleineren KWEA (< 1 kW) durchaus noch nachvollziehbar ist, ist diese Entscheidung bei größeren KWEA insofern bemerkenswert, da die getätigten Investitionen im Schnitt über 20.000 EUR lagen. Wurde vorab eine Windmessung durchgeführt, wurde diese mittels einer Messstation (z. B. Wetterstation) selbstständig durchgeführt, auf eine professionelle Messung wurde durchgehend verzichtet.

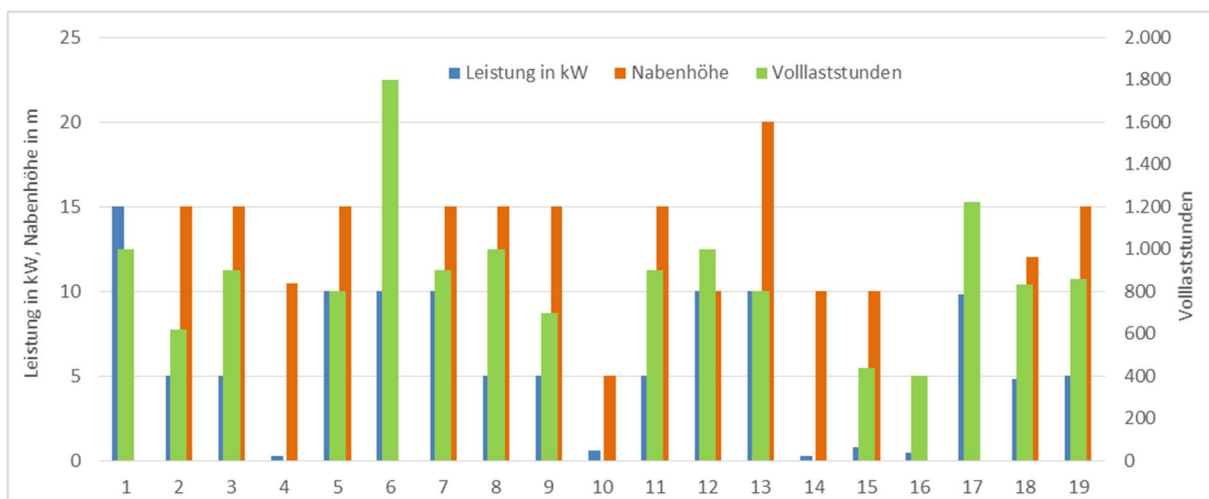


Abbildung 9: Detailinformationen zu den KWEA der befragten BetreiberInnen

Durchschnittlich wurden knapp 890 Volllaststunden pro Jahr erzielt. Nur wenige Anlagen konnten mehr als 1.000 Volllaststunden - und damit in etwa gleich viel wie eine PV-Anlage in Österreich – erzielen. Im Schnitt werden über 80 % der erzeugten Energie direkt genutzt. Der hohe Eigenverbrauchsanteil wird dadurch begünstigt, dass der jährliche Stromverbrauch bei den befragten Personen und speziell bei den LandwirtInnen mit durchschnittlich über 18.000 kWh sehr hoch ist. Jedoch liegt der Eigenverbrauchsanteil auch bei den befragten privaten Haushalten in der Regel deutlich über 50 % und damit deutlich über jenem einer PV-Anlage.

Ein hoher Eigenverbrauchsanteil ist insofern von Bedeutung, als es in Österreich keine attraktiven Förderungen für KWEA gibt. Selbst die Einspeisevergütung der OeMag (Ökostromabwicklungsstelle) – die einzige theoretisch verfügbare Förderung für private KWEA – ist mit ca. 9,5 Cent/kWh nicht attraktiv, da die Stromgestehungskosten einer KWEA deutlich darüber liegen. Ein wirtschaftlicher Betrieb lässt sich, wenn überhaupt, daher nur durch einen hohen Eigenverbrauchsanteil realisieren. Für die ins Netz eingespeiste Energie erhalten die Befragten zwischen 2,4 und 7,5 Cent pro Kilowattstunde.

Die durchschnittlichen Investitionskosten pro kW für eine betriebsbereite KWEA – also inklusive Montage, Fundament, Mast sowie Elektrik – liegen bei etwa 4.550,- EUR (inkl.

MWSt.) und damit mehr als doppelt so hoch wie die Investitionskosten für eine schlüsselfertige PV-Anlage (2014: 1.752 EUR/kW netto, Quelle: Biermayr 2015). Die Bandbreite der angegebenen Investitionskosten reicht von 3.000,- EUR bis 8.000,- EUR pro kW. Wie in Abbildung 10 ersichtlich fallen kleine Anlagen (< 1 kW) tendenziell teurer aus als große Anlagen.

Da es keine dezidierte Investitionsförderung für KWEA gibt bzw. in den letzten Jahren gab, wurden 18 von 19 KWEA ohne Förderung errichtet. Eine KWEA wurde von der Gemeinde für die Versorgung der örtlichen Kläranlage errichtet und in diesem Kontext vom Land NÖ gefördert. 5 von 19 KWEA sind darüber hinaus bei der OeMAG (Ökostromabwicklungsstelle) gemeldet und erhalten einen Einspeisetarif in Höhe von ca. 9,5 Cent/kWh.

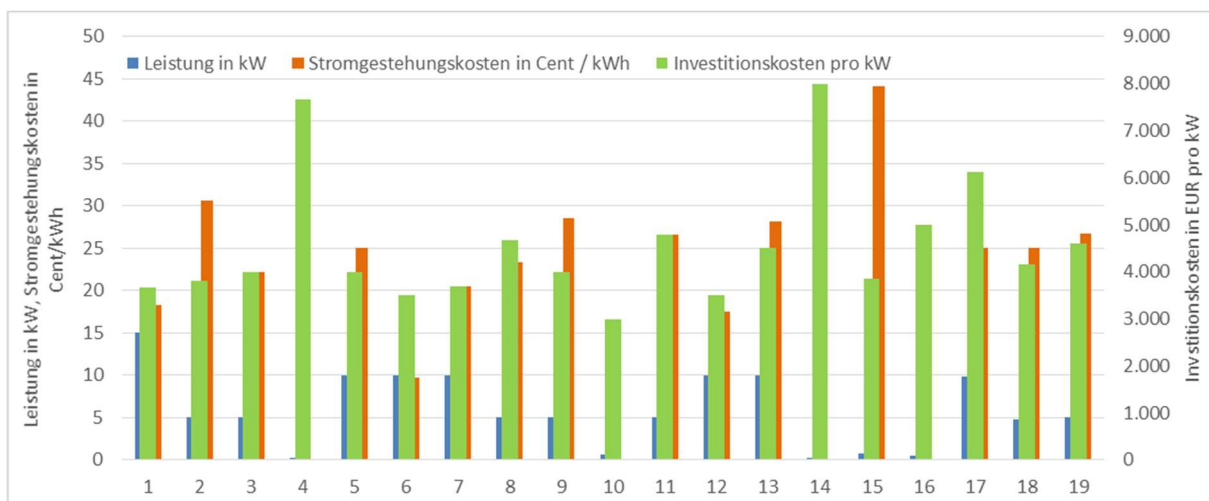


Abbildung 10: Nennleistung und Investitionskosten pro kW der KWEA der befragten BetreiberInnen

Unter der Annahme einer Lebensdauer von 20 Jahren und vernachlässigbaren Wartungskosten betragen die durchschnittlichen Stromgestehungskosten der befragten BetreiberInnen 24,8 Cent pro erzeugter Kilowattstunde. Die Bandbreite reicht von etwa 10 Cent/kWh bis zu 45 Cent/kWh. Unter der Annahme eines 100%igen Eigenverbrauchs und Opportunitätskosten in Höhe von 20,1 Cent/kWh inkl. MWSt. (Jahresdurchschnittspreis für elektrische Energie im Jahr 2014, Quelle: Statistik Austria 2016) ist etwa ein Viertel der Anlagen auch ohne Förderung wirtschaftlich.

Mehr als die Hälfte der befragten BetreiberInnen bezeichnen sich selbst als technik-interessiert und hat aktiv bei der Errichtung mitgewirkt (z. B. Errichtung des Fundaments,...). Auch einfache Wartungsarbeiten werden von den meisten BetreiberInnen selbstständig durchgeführt. Nur bei 2 BetreiberInnen kam es bisher zu nennenswerten Defekten (Bremse, Wechselrichter), die jedoch von den jeweiligen HerstellerInnen unmittelbar behoben wurden. Hier ist jedoch anzumerken, dass der Großteil der Anlagen erst weniger als 5 Jahre in Betrieb ist.

Während von den HerstellerInnen häufig auf langwierige, unplanbare Genehmigungsverfahren hingewiesen wird, ergab die Befragung der BetreiberInnen, dass längere Verzögerungen und teils willkürliche Auflagen eher die Ausnahme als die Regel

darstellen. Aus der Befragung wird jedoch deutlich, dass der Verlauf des Genehmigungsverfahrens stark von der 1. Bauinstanz (BürgermeisterIn) der jeweiligen Gemeinde abhängt. Wird das Verfahren an eine übergeordnete Instanz weitergeleitet, kommt es häufig zu Verzögerungen.

Großen Einfluss auf den Verlauf haben jedoch auch die HerstellerInnen und HändlerInnen bzw. die ausführenden Planerinnen und ErrichterInnen. Erfahrene Professionisten haben bereits Erfahrung mit Genehmigungsverfahren und sind mit den Abläufen vertraut bzw. stehen in Kontakt mit den zuständigen Behörden. Dadurch können die benötigten Dokumente für die Behörden rasch und vollständig zur Verfügung gestellt werden. Die Unterstützung der AnbieterInnen beim Genehmigungsverfahren sollte daher bereits beim Kauf festgehalten werden.

Da auch NachbarInnen und AnrainerInnen in das Genehmigungsverfahren miteinbezogen werden, sollten diese bereits frühzeitig in den Planungsprozess eingebunden werden. Die Rückmeldungen der befragten BetreiberInnen zeigen dabei eindeutig, dass im ersten Moment vielfach die Skepsis gegenüber einer neuen, teils unbekanntem Technologie vorherrscht. Spätestens im Betrieb überwiegt jedoch das Interesse an der Anlage und Vorbehalte verschwinden größtenteils von selbst. Dies ist jedoch nur möglich, wenn die Umweltwirkungen einer KWEA (Schall, Schattenwurf,...) bei der Planung berücksichtigt werden. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass die KWEA meistens nicht oder kaum hörbar ist, da diese gerade bei starkem Wind von diesem übertönt wird.

Nicht nur beim Genehmigungsverfahren sondern auch in der Folge ist es wichtig, dass AnbieterInnen – egal ob HerstellerInnen oder HändlerInnen - grundsätzlich verfügbar sind, um bei Störungen, Defekten oder anderweitigen Problemen rasch vor Ort eingreifen zu können. Diese Verfügbarkeit kann sowohl durch eigene MitarbeiterInnen oder Partnerunternehmen (z. B. Planerinnen, ErrichterInnen, Handel und Vertrieb,...) sichergestellt werden und sollte bereits vor dem Kauf abgeklärt werden.

Aus den Befragungen kann folgendes Resümee gezogen werden: Das Projekt Kleinwindkraft steht und fällt in erster Linie mit einer qualitativ hochwertigen, leistungsfähigen Anlage sowie einem passenden Standort. Dass aufgrund fehlender, verpflichtender Qualitäts- und Leistungstests nach wie vor minderwertige, nicht funktionierende KWEA am Markt sind, ist wohl einer der größten Schwachpunkte der Kleinwindkraft in Österreich. Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Verfügbarkeit und Unterstützung der AnbieterInnen, sowohl in der Planungs- (Genehmigungsverfahren) als auch in der Betriebsphase hinsichtlich Wartung bzw. bei Störungen und Defekten. Natürlich spielen hinsichtlich der Zufriedenheit auch die Erwartungen des/der BetreiberIn eine Rolle. Mit einer realistischen Einschätzung hinsichtlich des zu erwartenden Energieertrages können seriöse Herstellerinnen bzw. Händlerinnen jedoch bereits vorab für realistische Erwartungen sorgen.

## 6 Highlights und Forschung

### 6.1 Nationale Forschungsaktivitäten

Die österreichische Forschungsszene befasst sich seit einigen Jahren intensiv mit dem Thema Kleinwindkraft und liefert wertvolle Erkenntnisse für die weitere Entwicklung dieser Technologie. Mehr als 10 wissenschaftliche Einrichtungen haben sich – meist gemeinsam mit verschiedenen UnternehmenspartnerInnen - in den letzten Jahren im Rahmen öffentlich geförderter Forschungsprojekte mit unterschiedlichen Fragestellungen im Bereich der Kleinwindkraft beschäftigt. Im Jahr 2015 konnten damit in Summe 6 Vollzeitarbeitsplätze in Österreich geschaffen werden.

Die folgende Auflistung ausgewählter nationaler Forschungsprojekte verdeutlicht dabei die Bandbreite der österreichischen Kleinwindkraftforschung und ermöglicht einen Überblick über die beteiligten Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen in diesem Bereich:

**SmallWindPower@Home** - Evaluierung der Auswirkungen von gebäudemontierten KWEA auf Performance, Personen, Gebäude und Umgebung

FFG-Nr. 854638, Laufzeit 01/01/2017 bis 31/12/2019, Fördergeber: Fördergeber: BMVIT, Programm: Stadt der Zukunft)

ProjektpartnerInnen: Fachhochschule Technikum Wien, Energiewerkstatt Verein, Solvento energy consulting gmbH, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Das im Rahmen der 3. Ausschreibung des Forschungsprogramms „Stadt der Zukunft“ eingereichte Projektvorhaben SmallWindPower@Home“ wurde von der Jury positiv juriert und vom BMVIT gefördert. Im Projekt wird der Energieforschungspark eine zentrale Rolle einnehmen, sämtliche geplante Untersuchungen werden im Energieforschungspark durchgeführt. Dazu wird die Infrastruktur im Energieforschungspark erneut erweitert, dazu wurde der Energieforschungspark in südwestlicher Richtung erweitert. Die Planungen dafür wurden bereits gestartet, Anfang 2017 erfolgt Teil 1 der geplanten Erweiterung. In einem ersten Schritt werden dabei 4 Messmasten errichtet und mit insgesamt 12 3D Ultraschall-Anemometer bestückt. Nach Durchführung der Site-Calibration werden 2 Gebäudenachbauten – Fertigbetongaragen mit Flach- bzw. Giebeldach – errichtet. In der Folge werden 3 am Markt verfügbare Kleinwindenergieanlagen (KWEA) unterschiedlicher Technologie (Savonius Vertikalläufer, Darrieus-Helix Vertikalläufer, 2-Blatt Horizontalläufer) auf den Gebäudenachbauten montiert und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Dachaufbauten im Praxisbetrieb messtechnisch untersucht. Dabei werden primär folgende Ziele verfolgt:

- Evaluierung der Auswirkungen von komplexen Hindernissen (Wohngebäude mit unterschiedlichen Dachaufbauten) auf die Strömung sowie auf die Anströmung von gebäudemontierten KWEA unter realen Betriebs- und Umgebungsbedingungen

- Messtechnische Evaluierung der Auswirkungen unterschiedlicher, dachmontierter KWEA auf deren Performance (Ertrag, Lebensdauer,...) sowie auf das Gebäude, dessen BewohnerInnen und die unmittelbare Umgebung hinsichtlich Schall, Infraschall und Körperschall, Vibrationen und Schwingungen sowie sicherheitstechnischer Aspekte

Abbildung 11 gibt einen Überblick über die geplante Messinfrastruktur. Abbildung 12 zeigt den aktuellen Zwischenstand der Infrastrukturerweiterung (Stand September 2017).



Abbildung 11: Infrastrukturerweiterung im Zuge des Projekts SmallWindPower@Home im Energieforschungspark Lichtenegg



Abbildung 12: Infrastrukturerweiterung im Zuge des Projekts SmallWindPower@Home im Energieforschungspark Lichtenegg (Stand September 2017)

**Kleinwindkraftanlagen** - Qualitätssicherung, Netzeinbindung, Geschäftsmodelle und Information

FFG-Nr. 829731, Laufzeit 01/10/2010 bis 31/05/2014, Fördergeber: Klima- und Energiefonds

ProjektpartnerInnen: ÖGUT (Projektleitung), AEE NÖ/Wien, EVN AG, Energiewerkstatt, Fachhochschule Technikum Wien, Solvento Energy Consulting GmbH, WICON Engineering GmbH

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Kleinwindkraftanlagen“ wurde gezeigt, dass nicht alle am Markt erhältlichen KWEA die Anforderungen an Qualität, Betriebssicherheit und Leistungsfähigkeit erfüllen. Dazu wurden 13 Kleinwindkraftanlagen im Energieforschungspark Lichtenegg hinsichtlich Qualität, Betriebssicherheit und Leistungsfähigkeit getestet und untersucht. Aufbauend auf den Projektergebnissen wurde ein Leitfaden für die Planung und Umsetzung von KWEA für zukünftige BetreiberInnen und Interessierte erarbeitet und veröffentlicht. Damit wurde ein wertvoller Beitrag für die Verbreitung der Kleinwindkraft im deutschsprachigen Raum geleistet. Auch international konnte ein großes Interesse an diesem Leitfaden verzeichnet werden. Nähere Informationen sowie der Projektendbericht sind unter folgendem Link verfügbar:

<http://energieforschungspark.at/download/BGR0062014EEneueEnergien2020.pdf>

**Urbane Windenergie** - Entwicklung von Beurteilungsmethoden für den Einsatz von Kleinwindenergieanlagen in urbaner Umgebung

FFG-Nummer: 845184, Laufzeit 01.10.2014 bis 31.09.2017, Fördergeber: BMVIT, Programm: Stadt der Zukunft)

ProjektpartnerInnen: FH Technikum Wien (Projektleitung), Energiewerkstatt, Solvento Energy Consulting GmbH, Universität für Bodenkultur, Austrian Institute of Technology, AEE NÖ/Wien, ZAMG

Im Rahmen des nationalen Forschungsprojektes „Urbane Windenergie“ wird ein Standort-Bewertungsschema für die Errichtung von KWEA im urbanen Raum entwickelt. Dazu werden ein Vertikal- und ein Horizontalläufer sowohl an einem urbanen Standort mit hoher Turbulenzintensität (ENERGYbase in Wien, Floridsdorf) als auch an einem ländlichen Teststandort mit geringen Turbulenzen (Energieforschungspark Lichtenegg) vermessen sowie diverse Untersuchungen durchgeführt. Parallel dazu erfolgt eine umfassende mess- und simulationstechnische Charakterisierung der turbulenten Windverhältnisse am gewählten urbanen Standort, auf Basis derer die Auswirkungen von turbulenten Strömungsbedingungen auf die Performance (Ertrag, Lebensdauer,...) von KWEA analysiert werden.

**IPPONG** - Detaillierte Vermessung von Strömungsverhältnissen um Gebäude im verbauten Gebiet

FFG-Nr. 821910, abgeschlossen



ProjektpartnerInnen: AEE NÖ/Wien (Projektleitung), Austrian Institute of Technology, Silent Future Tec

Im Rahmen dieses Projekts wurden mittels numerischer Strömungsmechanik (CFD) die dreidimensionalen Strömungsfelder um Gebäudekonfigurationen anhand vier Variationen, die sich hinsichtlich Dachneigung und Gebäudeabstand unterscheiden, berechnet. Die Ergebnisse der Simulation wurden mit Windmesswerten verglichen, wodurch Aussagen über die optimale Position von KWEA möglich werden.

**STEP-A** - Untersuchung des technologischen und ökonomischen Potenzials von Kleinwindenergieanlagen in bewohnten Gebieten in Österreich FFG-Nr. 825371, abgeschlossen, Fördergeber: Klima- und Energiefonds, Programm: Neue Energien 2020

ProjektpartnerInnen: AEE NÖ/Wien (Projektleitung), Austrian Institute of Technology, Denkstatt GmbH

Das Ziel dieses Projekts war es, das Potenzial von KWEA als ökologisch, ökonomisch und technologisch nachhaltige Energiequelle zu untersuchen. Dies wurde durch eine detaillierte Analyse der rechtlichen, technischen und ökonomischen Rahmenbedingungen, die bisher die weitere Verbreitung von KWEA in urbanen Gebieten verhindern, bewerkstelligt.

## 6.2 Internationale Forschungsaktivitäten

International beschäftigen sich unter anderem die ExpertInnen der Arbeitsgruppe IEA Wind Task 27 mit dem Thema Kleinwindkraft. Neben der Entwicklung eines vereinfachten Zertifizierungsverfahrens für Kleinwindkraftanlagen um Qualität, Sicherheit und Zuverlässigkeit von Kleinwindkraftanlagen dauerhaft sicher zu stellen, beschäftigen sich die ExpertInnen des Task 27 der IEA Wind seit 2013 schwerpunktmäßig mit dem Einsatz von Kleinwindkraftanlagen in Gebieten mit turbulenten Strömungsbedingungen, wie sie vor allem in dicht bebauten Gebieten vorherrschen. Die ExpertInnen bringen dazu Ergebnisse aus nationalen Forschungsprojekten ein, die zusammengeführt, diskutiert und weiterverfolgt werden. Österreich wird dabei durch die FH Technikum Wien vertreten.

Eines der bekanntesten Forschungsprojekte im deutschsprachigen Raum der letzten Jahre ist das Projekt „Einsatz kleiner Windenergieanlagen im urbanen Raum“ der HTW-Berlin. In diesem Forschungsprojekt wurden Kleinwindkraftanlagen an 5 Standorten im Berliner Stadtgebiet installiert und über einen Zeitraum von 2 Jahren vermessen. Dabei wurde erarbeitet, inwiefern sich exponierte Dächer für einen wirtschaftlichen Betrieb eignen und welche Anlagengröße im Hinblick auf Gebäudeumströmung, Energieertrag und Akzeptanz sinnvoll ist. Außerdem wurden das Potenzial für die Integration von Kleinwindenergieanlagen in das Energiekonzept Berlins und die Klimarelevanz erhoben (Twele 2013).

### 6.3 Kleinwindkrafttagung 2017

Neben den diversen Forschungsprojekten gab es 2017 noch weitere Aktivitäten bzw. Highlights im Bereich der Kleinwindkraft zu vermelden.

Am 4. und 5. Oktober 2017 fand zum dritten Mal die internationale **Kleinwindkrafttagung** unter dem Motto „Kleinwindkraft 2030: Evolution? Revolution?“ in Wien statt und zeigte mit mehr als 250 BesucherInnen das große Interesse an diesem Thema. Neben internationalen Vorträgen wurde auch heuer wieder eine Exkursion in den Energieforschungspark Lichtenegg veranstaltet. Die Tagung wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) unterstützt und gemeinsam von der Magistratsabteilung für Energieplanung der Stadt Wien (MA 20), der IG Windkraft und der Fachhochschule Technikum Wien organisiert.



Abbildung 13: Stefan Moidl (IG Windkraft), Theo Zillner (BMVIT), Hubert Fechner (FH Technikum), Stefan Gsänger (WWEA), Eva Dvorak (Stadt Wien MA 20) und Kurt Leonhartsberger (FH Technikum) und Stefan Hantsch (IG Windkraft) (v.l.n.r.) (Copyright MA 20/A. Kromus)

#### Internationaler Fokus in Österreich

Auch heuer konnten im Rahmen der Kleinwindkrafttagung zahlreiche bekannte, internationale Vertreterinnen und Vertreter der Kleinwindbranche aus Deutschland, Spanien, USA, Dänemark, Italien, Irland, der Schweiz und Großbritannien als ReferentInnen begrüßt werden. Zusätzlich präsentierten auch heimische wissenschaftliche Einrichtungen und innovative Unternehmen Wissenswertes zur kleinen Windkraft. Die internationalen Fachvorträge reichten von aktuellen Praxisbeispielen, innovativen Technologien, Umweltaspekten, urbaner Windenergie bis hin zu neuen Geschäftsmodellen. Die Konferenz wurde simultan Englisch/Deutsch übersetzt.



Abbildung 14: Internationale ExpertInnen bei der Kleinwindkrafttagung: Svend W. Enevoldsen (Ecology Management) und Stefan Gsänger, Geschäftsführer der World Wind Energy Association (Copyright MA20/A. Kromus)

### 1 Woche im Zeichen der Kleinwindkraft

Aufgrund des großen Interesses der Öffentlichkeit sowie der erfolgreichen Veranstaltungen der letzten Jahre wurde die Kleinwindkrafttagung heuer um einen Tag erweitert. Bereits am Vortag der eigentlichen Kleinwindkrafttagung (4. Oktober 2017) wurde den zahlreichen BesucherInnen aus Wissenschaft und Wirtschaft ein abwechslungsreiches Rahmenprogramm geboten. So wurde wie im Vorjahr eine Exkursion in den Energieforschungspark Lichtenegg angeboten, parallel dazu fand das „Forum Wissenschaft: Kleinwind“ an der FH Technikum Wien statt. Anders als die breitenwirksam ausgerichtete Kleinwindkrafttagung bot das Forum Wissenschaft in erster Linie nationalen und internationalen WissenschaftlerInnen eine Bühne um ihre Forschungsergebnisse im Bereich der Kleinwindkraft einem Fachpublikum präsentieren zu können.



Abbildung 15: Rahmenprogramm Forum Wissenschaft: Exkursion in den Energieforschungspark Lichtenegg am 4. Oktober 2017 (Copyright FH Technikum Wien / Leonhartsberger)

Die Kleinwindkrafttagung 2017 fand am 5. Oktober 2017 im an der FH Technikum Wien statt. Nach den Eröffnungsstatements von Theo Zillner (BMVIT), Stefan Moidl (IG Windkraft) und Eva Dvorak (Stadt Wien MA 20) leitete Moderator Hubert Fechner mit der Keynote von Stefan Gsänger, Geschäftsführer der World Wind Energy Association zum Thema „Small Wind – Essential Part of a 100 % Renewable Energy Future“.



Abbildung 16: Spannende Gespräche in den Pausen (Copyright MA20/A. Kromus)

In den Pausen konnten sich die TeilnehmerInnen im Foyer direkt mit einigen Herstellern von Kleinwindkraftanlagen (z. B. Schachner Kleinwind, Binopterus,...) austauschen sowie mehr über deren Anlagen erfahren.

Im Zuge der Konferenz wurde zudem das internationale Treffen des IEA Task 27 zum Thema Kleinwindkraft abgehalten. Dieser Zusammenschluss von mehr als 10 Ländern versucht die wichtigsten Themen der Kleinwindkraft voran zu bringen. „Gerade bei der Kleinwindkraft ist die internationale Vernetzung besonders wichtig, um der Technologie zum Durchbruch zu verhelfen“, bemerkte Stefan Gsänger.

Darüber hinaus wurde von der FH Technikum Wien ein abschließender Projektworkshop im Rahmen des Forschungsprojekts SmallWindPower@Home zum Thema „Turbulence Kinetic Energy“ unter der Leitung des US-amerikanischen Experten Neil D. Kelley (National Wind Technology Center) veranstaltet. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes, das vom BMVIT im Rahmen der 3. Ausschreibung von Stadt der Zukunft gefördert wird, wird seit Anfang des Jahres der Einsatz von Mikrowindanlagen auf oder in unmittelbarer Nähe von privaten Wohngebäuden untersucht. „Kleinwindenergieanlagen waren bisher in erster Linie für gewerbliche oder landwirtschaftliche Betriebe eine interessante Option, selbst Strom zu erzeugen. Doch in den letzten Jahren hat auch das Interesse privater Haushalte an der Kleinwindkraft stark zugenommen.“, so Hubert Fechner, Leiter des Instituts für Erneuerbare Energie an der FH Technikum Wien. „Erneuerbare Energien müssen stärker genutzt werden, besonders Sonne und Wind bieten riesige Potenziale. Im Dezember wird das zweite Kleinwindkraftwerk in Wien Simmering in Betrieb gehen. Wie effizient Windkraft in der Stadt ist, wird dann anhand eines Projektes zusammen mit dem FH Technikum evaluiert. Wir sehen den Ergebnissen dieses Projektes gespannt entgegen.“, so Bernd Vogl, Abteilungsleiter der Magistratsabteilung 20 – Energieplanung.

Das Programm, alle Vorträge sowie Fotos und ein Video der Veranstaltung sind unter folgendem Link verfügbar: <https://www.technikum-wien.at/kleinwindkraft2017>

## 7 Ausblick

Sinkende Preise und attraktive Förderungen, in Verbindung mit dem wachsenden Wunsch privater Haushalte und Gewerbebetriebe nach Energieautonomie, aber auch die Klimaziele der EU sowie die neue EU Gebäuderichtlinie treiben eine Entwicklung an, die dezentrale erneuerbare Erzeugungstechnologien zunehmend zu einer Massenapplication werden lassen. Waren es bisher primär PV Anlagen, die zur Energieerzeugung in besiedelten Gebieten genutzt wurden, rücken mittlerweile auch KWEA immer stärker in den Fokus privater Haushalte und Gewerbebetriebe. Diese Entwicklung bietet für die Kleinwindkraft die Chance sich neben der Photovoltaik als Option zur dezentralen, erneuerbaren Stromerzeugung in besiedelten Gebieten zu etablieren.

Die World Wind Energy Association erwartet bis 2019 eine Verdoppelung der jährlich neu installierten Kleinwindkraft-Leistung auf 200 MW pro Jahr. Wie in Abbildung 17 ersichtlich wird dahingehend für Ende 2020 eine weltweit installierte Kleinwindkraftleistung von 1.750 MW erwartet (WWEA 2016).

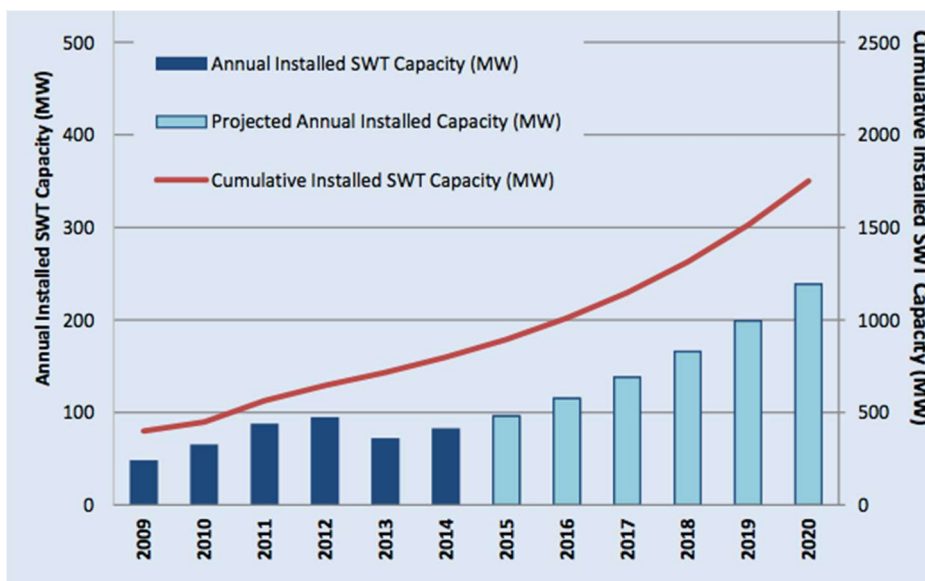


Abbildung 17: Prognose der WWEA hinsichtlich der Entwicklung der Kleinwindkraft bis 2020 (WWEA 2016)

Obwohl das Interesse an der Kleinwindkraft in den letzten Jahren auch in Österreich stark gestiegen ist, bedarf es zusätzlicher Anreize um mit der prognostizierten Entwicklung des Weltmarktes mithalten zu können. Diesbezüglich sollten folgende Punkte diskutiert werden:

- Eindeutiges Kommitment der Politik zur Kleinwindkraft
- Einführung einer Förderung für KWEA
- Einführung eines Zertifizierungsverfahrens für KWEA als Voraussetzung für die Genehmigung bzw. eine Förderung
- Vereinheitlichung und Standardisierung der Genehmigungsverfahren
- Erhöhung des Bewusstseins in der Bevölkerung für die Kleinwindkraft

- Verstärkte Aus- und Weiterbildung von HerstellerInnen, HändlerInnen sowie PlanerInnen und Errichterinnen zur Sicherstellung einer hochwertigen Beratung und anschließenden Umsetzung

## Ansprechpersonen

Kurt Leonhartsberger  
ARGE Energieforschungspark Lichtenegg  
[www.energieforschungspark.at](http://www.energieforschungspark.at)

\*\*\*\*\*

Fachhochschule Technikum Wien, Institut für Erneuerbare Energie  
A-1210 Wien, Giefinggasse 6  
M: +43 (0)664 61 92 586  
E: [kurt.leonhartsberger@technikum-wien.at](mailto:kurt.leonhartsberger@technikum-wien.at)  
I: [www.technikum-wien.at/fh/institute/erneuerbare\\_energie](http://www.technikum-wien.at/fh/institute/erneuerbare_energie)

\*\*\*\*\*

Harald Prokschy (EVN AG)  
[harald.prokschy@evn.at](mailto:harald.prokschy@evn.at)

Kurt Leeb (solvento energy consulting gmbh)  
[office@solvento.at](mailto:office@solvento.at)

Hans Winkelmeier (Energiewerkstatt Verein)  
[hans.winkelmeier@energiewerkstatt.org](mailto:hans.winkelmeier@energiewerkstatt.org)

Alexander Hirschl (Fachhochschule Technikum Wien)  
[alexander.hirschl@technikum-wien.at](mailto:alexander.hirschl@technikum-wien.at)

Mauro Peppoloni (Fachhochschule Technikum Wien)  
[mauro.peppoloni@technikum-wien.at](mailto:mauro.peppoloni@technikum-wien.at)

## 8 Literaturverzeichnis

AEE NÖ-Wien, 2014, Kleinwindkraft – Ein Leitfaden zur Planung und Umsetzung. 2. Auflage, Mai 2014, <http://www.aee-now.at/cms/fileadmin/downloads/allgemein/Kleinwind/Kleinwindkraft%20Leitfaden.pdf>

Energieforschungspark Lichtenegg, 2016, URL: <http://www.energieforschungspark.at/>,  
Letzter Zugriff 02.12.2016

ÖVE/ÖNORM EN 61400-12:2015-12-15; Windenergieanlagen – Teil 12-1: Messung des Leistungsverhaltens einer Windenergieanlage (IEC88/562/CDV)

Prof. Dr-Ing. Jochen Twele, 2013, Empfehlungen zum Einsatz kleiner Windenergieanlagen im urbanen Raum – Ein Leitfaden, HTW Berlin, Berlin.

IG-Windkraft 2017; [https://www.igwindkraft.at/?xmlval\\_ID\\_KEY\[0\]=1144](https://www.igwindkraft.at/?xmlval_ID_KEY[0]=1144); Letzter Zugriff: 21.09.2017

IG-Windkraft, 2016, URL: [https://www.igwindkraft.at/fakten/?xmlval\\_ID\\_KEY\[0\]=1234](https://www.igwindkraft.at/fakten/?xmlval_ID_KEY[0]=1234), Letzter Zugriff: 01.12.2016

Jüttemann, P. (2016) Kleinwindkraft-Marktreport – Die besten Kleinwindkraftanlagen in Deutschland. Ausgabe 2016, Version 3.0, Stand März 2016. <http://www.kleinwindkraftanlagen.com/kauf/marktbericht-kleinwindanlagen/>

Leonhartsberger, K., Renz, K., 2016, Kleinwindkraftreport Österreich 2015. verfügbar unter [https://www.technikum-wien.at/sites/default/files/kleinwindkraftreport\\_oesterreich\\_2015.pdf](https://www.technikum-wien.at/sites/default/files/kleinwindkraftreport_oesterreich_2015.pdf)

WWEA, 2016, Small Wind World Market 2016. [http://www.wwindea.org/download/small\\_wind\\_/SWWR2016-SUMMARYR\\_2.pdf](http://www.wwindea.org/download/small_wind_/SWWR2016-SUMMARYR_2.pdf); 17.3.2016

WWEA, 2017, Small Wind World Market 2017. [http://www.wwindea.org/wp-content/uploads/filebase/small\\_wind\\_/SWWR2017-SUMMARY.pdf](http://www.wwindea.org/wp-content/uploads/filebase/small_wind_/SWWR2017-SUMMARY.pdf) ; 14.12.2017