

Kleinwindanlagen Ein Erfahrungsbericht

28.02.2018 Erste Info-Veranstaltung zum kommunalen Klimaschutz
Falkenberg an der Elster

Matthias Gehling

Ingenieurbüro für Erneuerbare Energien, Leipzig

1. Ausgangslage
2. Übersicht Kleinwindenergie
3. Markt, Hersteller, Qualität
4. Baurecht
5. Beispiele aus der Praxis
6. Zusammenfassung und Fazit

Wo stehen wir heute?

Klimawandel durch fossile Brennstoffe



Energiewende in Deutschland 2017

- Klimaziel Paris: Erderwärmung auf $1,5^\circ$ begrenzen
- Dazu nötig Kohlendioxid ausstoß D: 2040 = 0
- Zu langsame Umsetzung in Deutschland
- Folge: fortschreitender Klimawandel
- Gestern: Rückgang Solarindustrie
- Heute: Rückgang Ausbau Windenergie
- Fast kein Fortschritt bei der Elektromobilität
- Wärmeziele werden nur in Neubauten erreicht
- weiterhin hohe CO_2 Emissionen (Verkehr!)
- Folge: Umweltzerstörung und Klimawandel

Bilder links: Die Folgen des weltweiten CO_2 Anstiegs sind unübersehbar siehe aktueller Bericht des IPCC/NASA/NOAA

Quelle Bilder von links nach rechts:

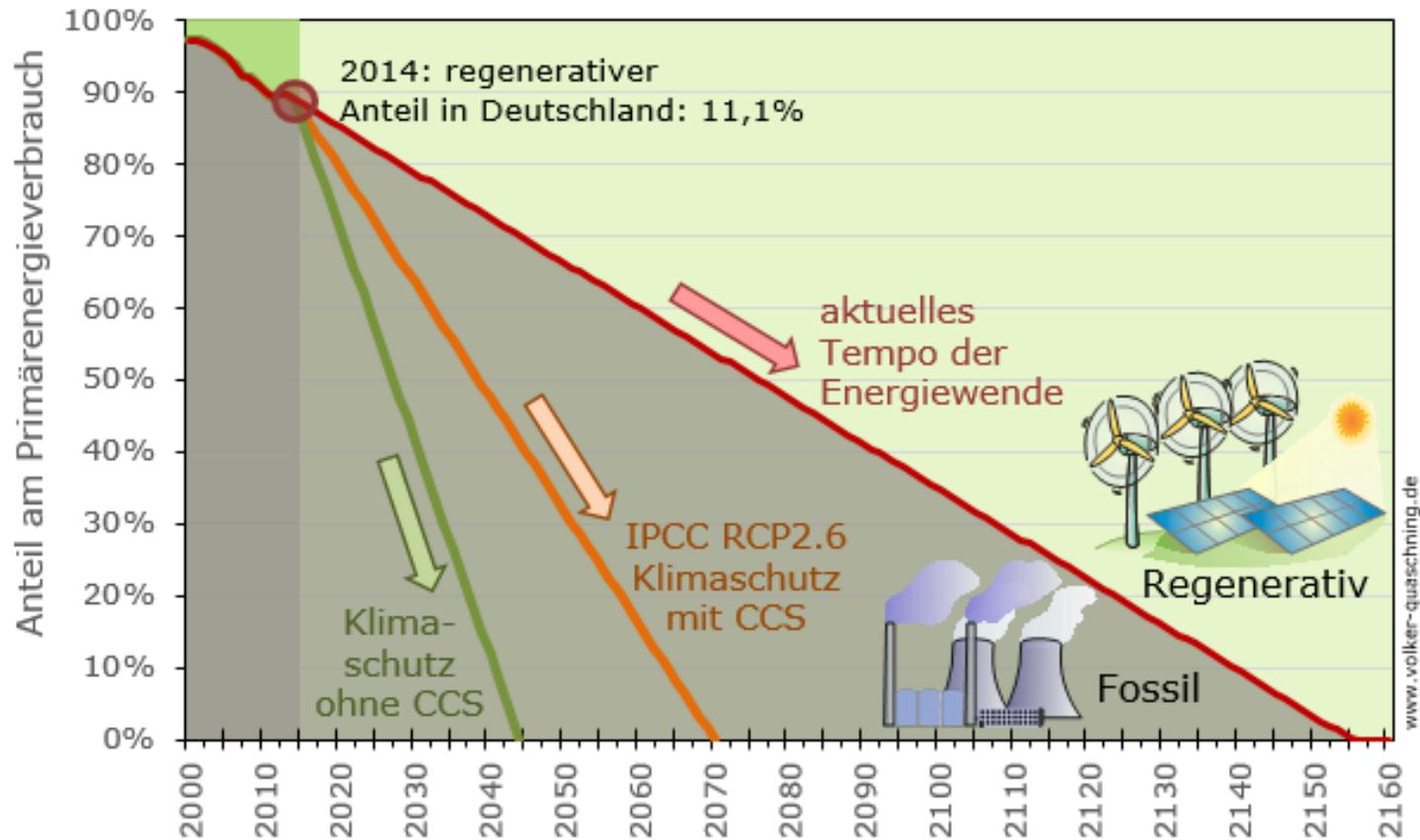
1 <http://www.wz-newsline.de/klasse/deine-news/deine-nachrichten/unter-borschemich-liegt-braunkohle-1.759393>

2 <http://www.mz-web.de/wirtschaft/braunkohle-mibrag-leitet-verfahren-fuer-kraftwerksbau-ein,20642182,17386786.html>

3 <http://www.sueddeutsche.de/panorama/taifun-haiyan-philippinische-regierung-berichtet-von-ersten-todesopfern-1.1813401>

4 <http://de.ria.ru/images/26725/71/267257112.jpg>

Dekarbonisierung: Ziel erreicht in 140 Jahren



Quelle: http://www.volker-quaschnig.de/grafiken/2015-12_Dekarbonisierung-D/index.php

Sektorkopplung in den Kinderschuhen

Strom - **Wärme** - **Mobilität**

müssen viel **schneller** und **viel stärker vernetzt** werden und es muss ein

effizientes System der jeweiligen

Energieumwandlungen entstehen

Welche Möglichkeiten haben wir?

Kleinwindenergie kann einen kleinen Beitrag leisten

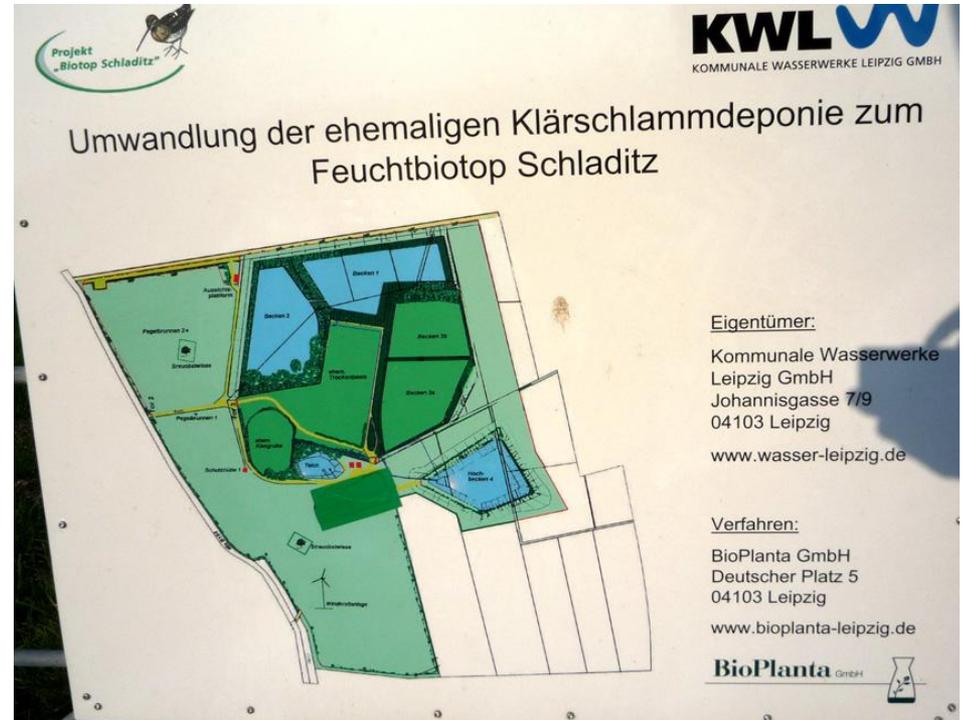


Quelle: http://www.eurosolar.de/en/images/stories/ESP_2011/danish_swta.jpg



Kleinwindanlage in Thüringen (Foto: M.Gehling)

Kleinwindenergie - Beispiele



Quelle: Fotos: M.Gehling, 2012

Kleinwindenergie - Beispiele



Quelle: Google Earth, 2012

Beispiel - Biotop Schladitz bei Leipzig

Beschreibung	Daten	Einheit
Hersteller	Bergey	
Nennleistung		10kW
Anzahl		3
Material	Fiberglas (pultruded)	
Drehzahlbereich		0...350U/min
Leistung bei 8 m/s		3kW ca.
Einschaltgeschwindigkeit		3,4m/s
Nabenhöhe		24m
Mast Art	Stahlrohr, verzinkt, 3-teilig	
Rotordurchmesser		6,7m
Rotorfläche		35m ²
Drehzahlregelung und Leistungsbegrenzung	Ab 15,6 m/s Wind mechanisch seitliches aus dem Wind klappen (Furling)	
Leistungsreglung	passive fixed pitch	
Windnachführung	Windfahne	
Generator	Permanent Magnet, synchron, 3-phasig, 400 V	W+W8/7
Anlagensteuerung	Laderegler, 6pulse, Thyristoren Wechselrichter	
am Markt seit		1983
weitere Informationen	www.bergey.com	

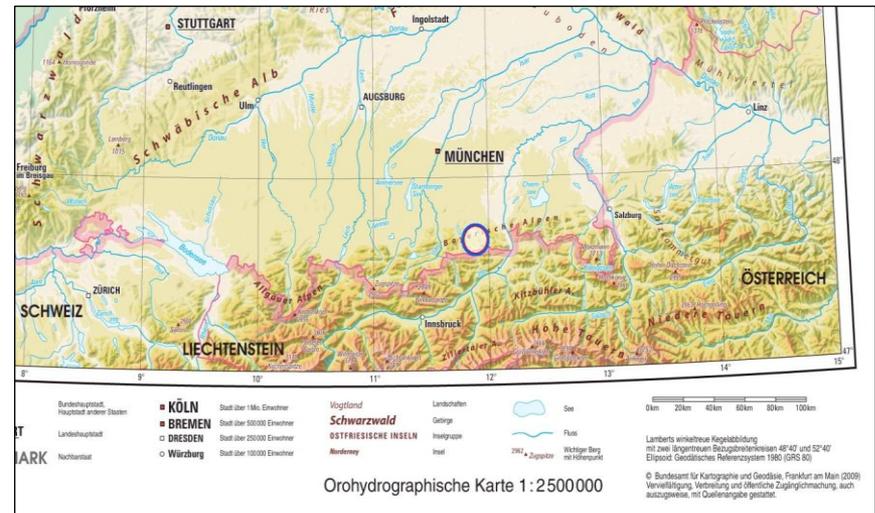


Quelle: Bergey, 2012, Foto: M.Gehling, 2012

Ausgangslage

Beispiel - Rotwandhaus (1 737m)

Location, size, operation			
Category	I, hosted hut		
Opening times	all year round		
Gauss Kruger coordinates (N / E)	47°38'46" / 11°56'5"	47.646	11.934
UTM coordinates (x / y)	0720434 / 5281156 UTM zone: 32 T, WGS84		
Mountain Range, Group	Mangfallgebirge	Bayerische Voralpen	
Responsibilities	Owner	Operator, Warden	Head refuges
	TAK, DAV	Peter Wehrer	DAV
	tech.officer		
Places: beds, dormitory, total	22	99	121
Overnight guests (year)	4000		
Building	built 1891	recently renovated	1967 and 2011



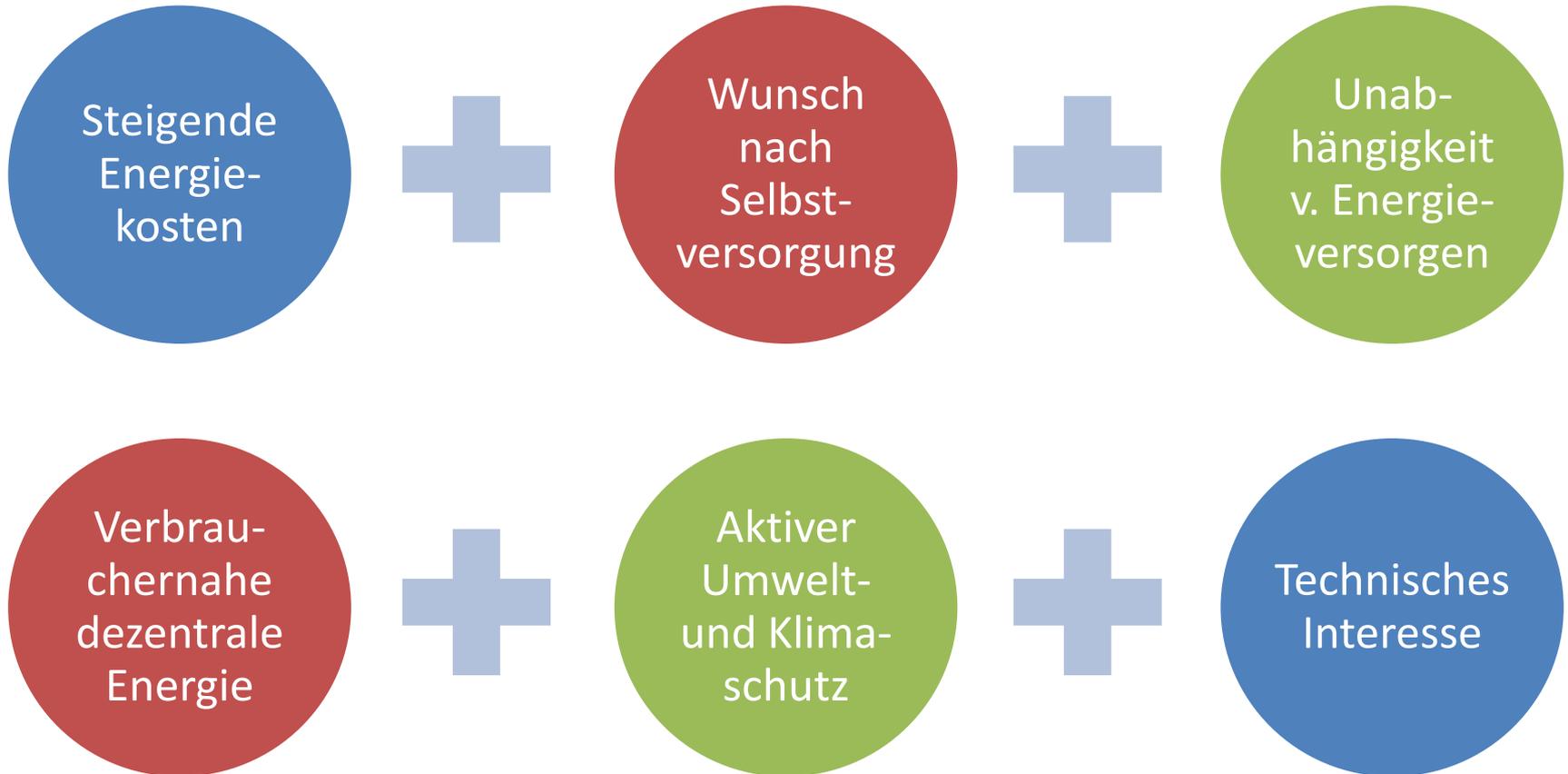
Lage Rotwandhaus, weißer Kreis ⁶⁾

Quellen: 4) <http://de.wikipedia.org/wiki/Rotwandhaus>. 5) Klaus Hohmann, Bad Tölz

6) Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt, 2009

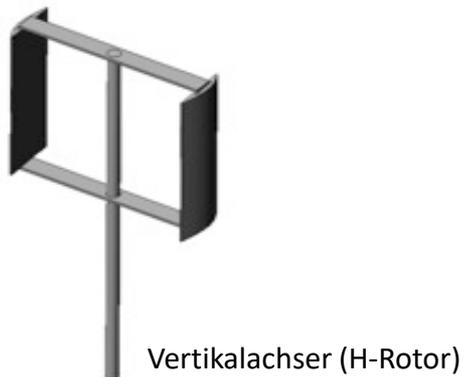
Welche Beweggründe gibt es?

Beweggründe für die Anschaffung einer KWEA



Welche Bauformen gibt es?

Übersicht Kleinwind



Im Bereich Kleinwindanlagen trifft man eine große Vielfalt verschiedenster Bauarten an. Die gebräuchlichsten Bauformen sind Anlagen mit horizontaler oder vertikaler Achse.

Übersicht Kleinwind



Vertikalachser:

Raum Leipzig (Krostitz)

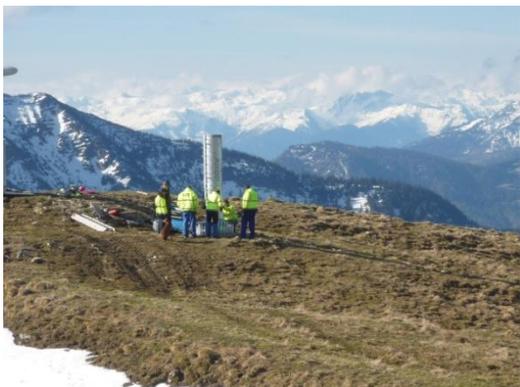
Übersicht Kleinwind



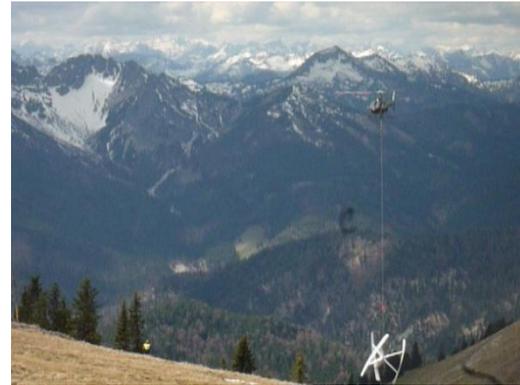
Vertikalachser:



Rotwandhaus



Übersicht Kleinwind



Übersicht Kleinwind



Horizontalachser,

Zweiflügliger Rotor:

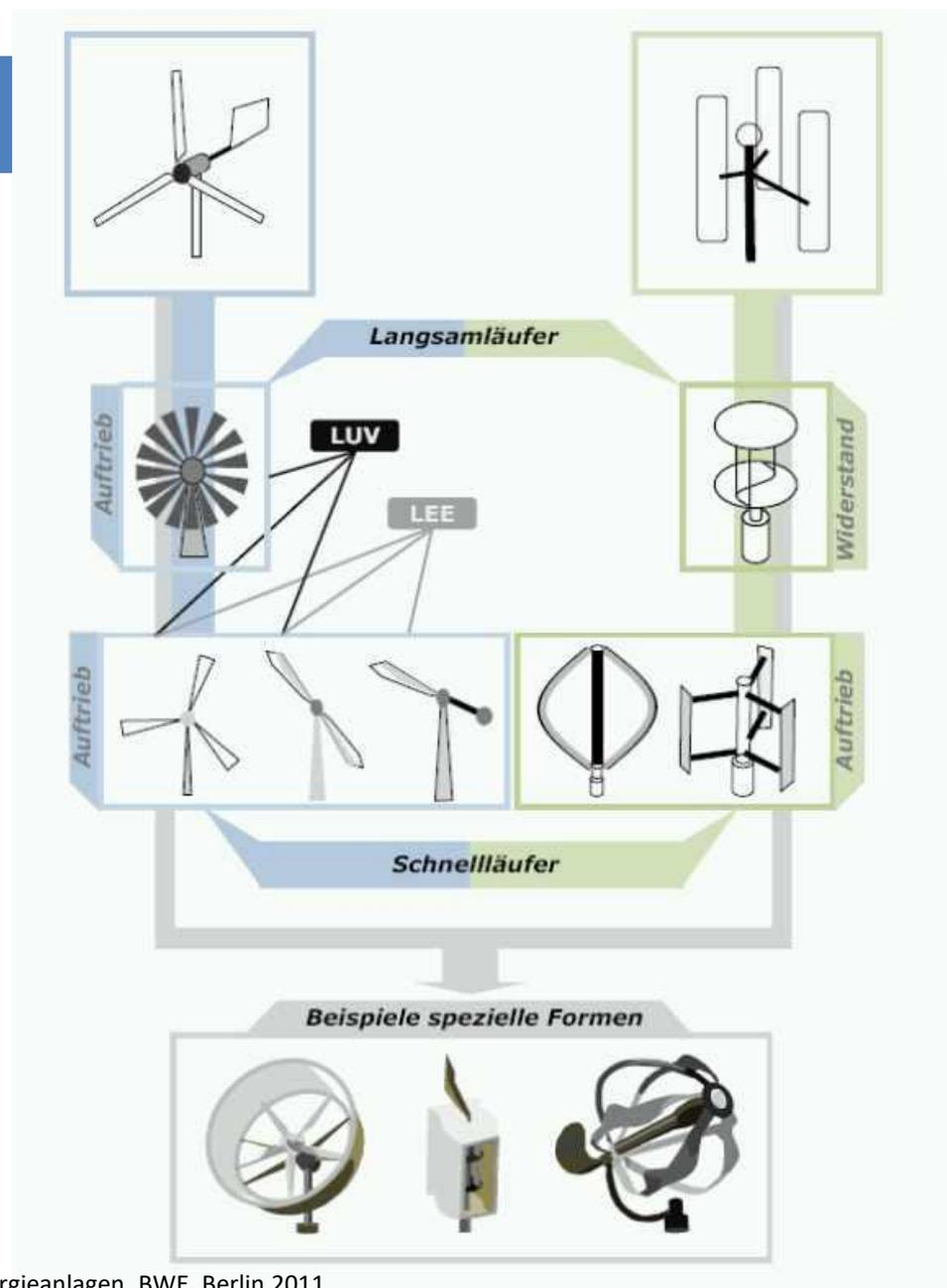
Gaia-Wind 133 (11 kW)

Übersicht Kleinwind

Bauformen

verschiedener

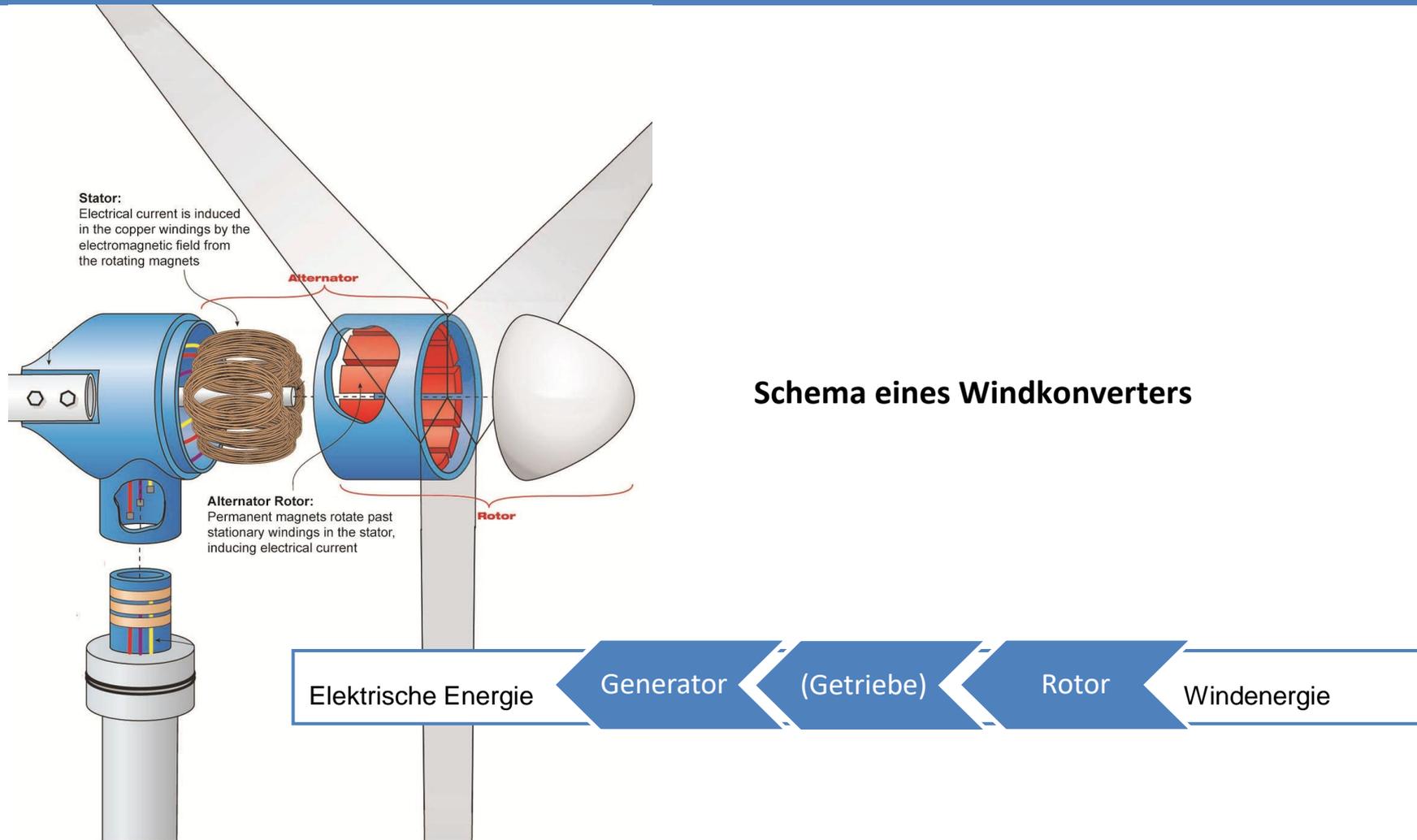
Kleinwindenergieanlagen



Quelle: J.Twele et al, Qualitätssicherung im Sektor Kleinwindenergieanlagen, BWE, Berlin 2011

Wie geschieht die
Energieumwandlung bei allen
Bauformen von
Windenergieanlagen?

Übersicht Kleinwind



Schema eines Windkonverters

(Quelle: Woofenden, Ian and Piggott, Hugh; Anatomy of a Wind Turbine, Home Power 116, Anacortes USA, 2006)

Was sind die
allgemeinen,
technischen,
regulatorischen und
wirtschaftlichen

Fakten im Bereich
Kleinwindenergie ?

Anzahl Kleinwindanlagen

Welt

900.000 Anlagen

Deutschland

14.000 Anlagen

Sachsen

180 Anlagen

Quellen: Small Wind World Report, WWEA Bonn, 2012 and Paul Kühn, ISET Kassel, 2010, Zahlen Sachsen: eigene Schätzung auf der Grundlage der Installationsdatenbank von <http://www.kleinwindanlagen.de>, 2015 Small Wind World Report Summary, WWEA 2016

Allgemein

- Weltweit etwa 900.000¹⁾ Installationen, Großteil in China
- etwa 14 000²⁾ aktive Installationen in Deutschland
- Anlagenpreis hängt von Größe ab, für Nennleistung von 5 bis 10 kW KWEA etwa 5 000 EUR/kW
- Eigenverbrauch (vermiedene Strombezugsentgelte für Netzkunden) lukrativer als Einspeisung

Technisch

- Kleinwindenergieanlagen (KWEA) wandeln kinetische Energie des Windes in elektrische Energie um
- KWEA heute meist ohne Getriebe und mit **Permanentmagnetgenerator** (PMG)
- Überstrichenen Rotorfläche bis **200 m²**
- mit heutiger Technik ist maximal **70 kW** Nennleistung möglich
- Leistungsbeiwert 0,25 (vert.) 0,38 (horiz.) ²⁾ heute möglich (Betz max. 0,59) kleinste Anlagen < 0,23 ³⁾

Regulatorisch / Wirtschaftlich

- Anlagen unter 750 kW, kein Ausschreibungsverfahren
(keine Einspeisevergütung, die über Ausschreibung ermittelt wird nach EEG2017)
- Neue Anlagen müssen registriert werden, öffentliches Anlagenregister der Bundesnetzagentur
- keine Deckelung des Zubaus nach Erreichen des Ausbauziel für jeweilige Periode
(wie bei großen Binnenanlagen)
- Anlagen bis 50 kW Leistung: kein Referenzertragsmodell
d.h. keine Reduzierung auf Grundvergütung je nach Ertrag nach x Jahren
das heißt: 20 Jahre lang erhöhte Anfangsvergütung
(2012: 8,9 ct/kWh, Reduzierung bis 2021: 7,79 ct/kWh)

Regulatorisch / Wirtschaftlich

- Aber: Belastung des Eigenverbrauchs

Selbst verbrauchter Windstrom wird ab 01.08.2014 mit einer anteiligen EEG- Umlage (2017: 2,5 Cent/kWh) belastet (wie „Sonnesteuer“ bei PV). Diese steigt jährlich.

Ausnahmen für die Belastung des Eigenverbrauchs

1. **Bagatellgrenze** bis zu 10 kW Leistung oder Eigenverbrauch unter 10.000 kWh.
2. **Inselanlagen**
„Wenn der Eigenversorger weder unmittelbar noch mittelbar an ein Netz angeschlossen ist“ [§ 61 (2) 2.]
3. **Eigenversorger mit Erneuerbaren Energien, die keine EEG-Einspeisevergütung** in Anspruch nehmen.

„Wenn sich der Eigenversorger selbst vollständig mit Strom aus erneuerbaren Energien versorgt und für den Strom aus seiner Anlage, den er nicht selbst verbraucht, keine finanzielle Förderung nach Teil 3 in Anspruch nimmt“ [§ 61 (2) 3.].

Wonach kann ich mich als
Verbraucher orientieren?

Welche Anlagenhersteller und
Zertifizierungen
gibt es im Bereich Kleinwind?

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Wind turbines – Part 2: Small wind turbines

Eoliennes – Partie 2: Petits aérogénérateurs

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE CODE PRIX **XF**

ICS 27.180

ISBN 978-2-8322-1284-4

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

Registered trademark of the International Electrotechnical Commission. Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale.

Markt, Hersteller, Qualität

AWEA Small Wind Turbine Performance and Safety Standard

International Electrotechnical Commission: [IEC 61400-2 Design requirements for small wind turbines, safety of small wind turbines \(SWTs\), 2013](#)

American Wind Energy Association (AWEA): [AWEA Small Wind Turbine Performance and Safety Standard \(AWEA Standard 9.1 – 2009\)](#)



American Wind Energy Association
1501 M Street NW, Suite 1000
Washington, DC 20005

Normen, Standards



Drei Standards weltweit



RenewableUK
Small Wind Turbine Standard
15 January 2014

Renewable UK former known as British Wind Energy Association (BWEA): [Small Wind Turbine Standard, 2014](#)

Formerly known as:
British Wind Energy Association
Small Wind Turbine Performance and Safety Standard

RenewableUK
Greencoat House, Francis Street
London SW1P 1DH, United Kingdom

Tel: +44 (0)20
Fax: +44 (0)20

Web: [www.RenewableUK.com](#)
Email: info@renewableuk.com



British Wind Energy Association
Small Wind Turbine Performance and Safety Standard
29 Feb 2008

British Wind Energy Association
Renewable Energy House
1 Acton Row, Barnes Road
London, N1 0PW, UK
Telephone: 020 7589 1960
Fax: 020 7589 1959
Email: info@bwea.com
Web: [www.bwea.com](#)
[www.bwea.org.uk](#)
BWEA Small Wind Turbine Performance and Safety Standards (29 Feb 2008)

Markt, Hersteller, Qualität



IEC – worldwide labelling standard (IEC Wind -Task 27, practices for consumer labelling,) based on IEC 61400-2 Design requirements for small wind turbines

Zertifizierungs- maßnahmen



Maßnahmen durchgeführt und geprüft von unabhängigen Prüfinstituten weltweit

SWCC – Small Wind Certification Council, label for the American market - US

Small Wind Certification Council Certified Small Wind Turbine	
Manufacturer/Model	
Bergey Windpower Company Excel 10 (240 VAC, 1-phase, 60 Hz)	
Rated Annual Energy Estimated annual energy production assuming an annual average wind speed of 5 m/s (11.2 mph), a Rayleigh wind speed distribution, sea-level air density and 100% availability. Actual production will vary depending on site conditions.	
13,800 kWh/year	
Rated Sound Level The sound level that will not be exceeded 95% of the time, assuming an annual average wind speed of 5 m/s (11.2 mph), a Rayleigh wind speed distribution, sea-level air density, 100% availability and an observer location 60 m (~ 200 ft) from the rotor center.	
42.9 dB(A)	
Rated Power The wind turbine power output at 11 m/s (24.6 mph) at standard sea-level conditions.	
8.9 kW	
Certified to be in Conformance with: AWEA Standard 9.1 – 2009	
For a summary report and SWCC Certificate visit: www.smallwindcertification.org	



Label for Danish and European market – simplified testing procedure according to IEC 61400-2 - by Danish Energy Agency, DK

MCS – Microgeneration Certification Scheme, label for UK market, includes certified turbines and certified installers, UK



The Certification Mark for Onsite Sustainable Energy Technologies

Anforderungen an Qualitätssicherung und Standardisierung

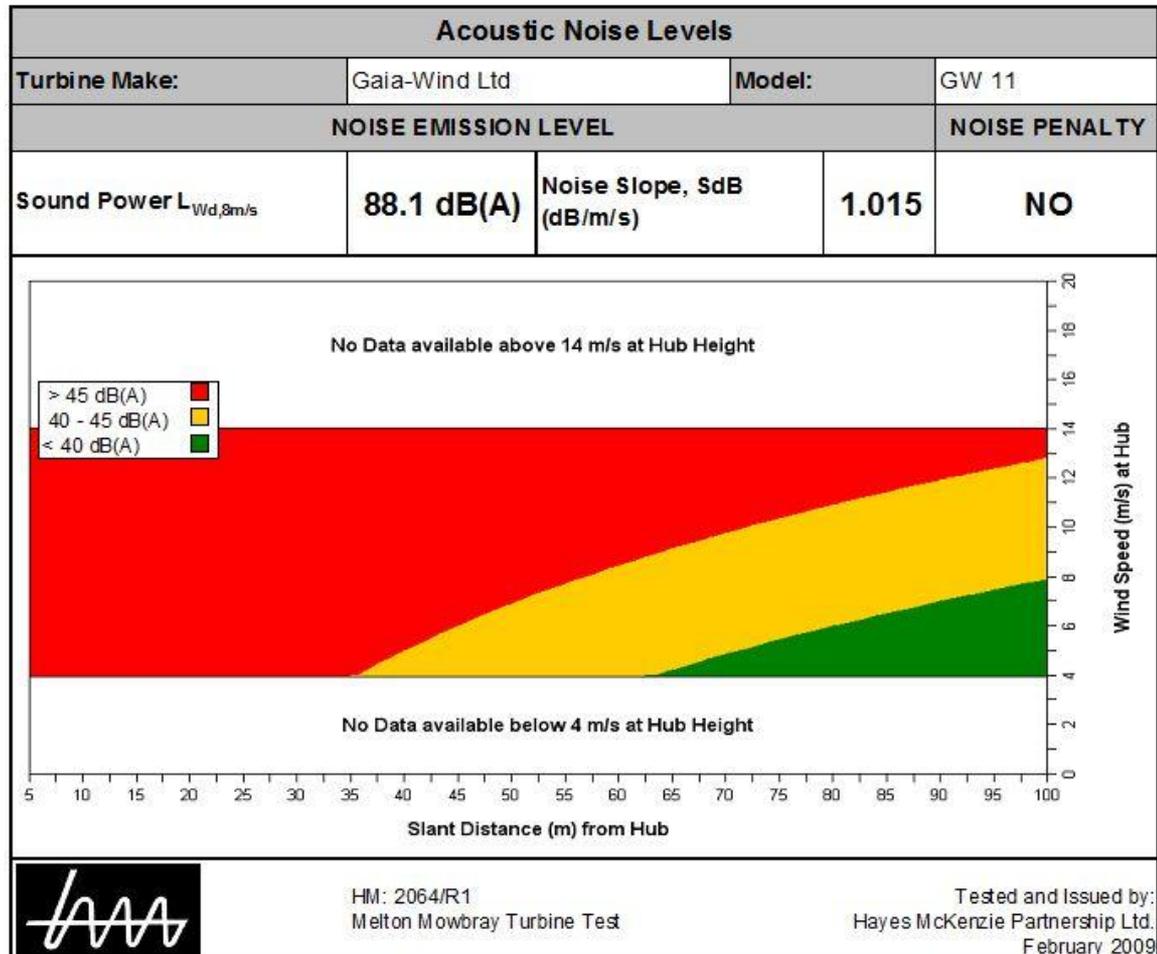
- 1) International anerkannte Standards für Kleinwindanlagen
- 2) Prüfung der Kleinwindanlagen nach diesen Standards durch unabhängige Prüfinstitute (Zertifizierer)



Eines der vier Zertifikate ist ausreichend um eine Kaufentscheidung zu treffen. Alle belegen, dass die Anlage international gültigen Standards genügt in den Bereichen:

- **Leistung**
- **Lärm**
- **Sicherheit**

Lärm



Quellen: abgerufen am 02.04.2017

http://www.gaia-wind.com/files/9713/1962/1792/Noise_profile.gif

Geprüfte Lärmentwicklung (Ausbreitung des Schalls)

Noise Profile of Accredited Turbines					
Turbine	sound power at hub $L_{Wd, 8m/s}$	noise slope* dB/m/s	noise penalty	Immission sound pressure @ 60m $L_{p,60}$	Distance for 40 dB(A) in 8m/s wind
Gaia-Wind 133 (1)	88.1 dB(A)	1.015	no	44.6 dB(A)	101m
Evoco 10 (2)	96.4 dB(A)	3.180	no	52.9 dB(A)	>800m
Proven 35-2 (3)	95.9 dB(A)	2.680	no	52.3 dB(A)	248m
Xzeres 442SR (4)	88.7	0.180	yes	50.2 dB(A)	135m

* Increase in sound level per m/s increase in wind speed

Quellen: abgerufen am 02.04.2017

http://www.gaia-wind.com/files/9713/1962/1792/Noise_profile.gif

Typenzertifizierung



DEWI-OCC Offshore and
Certification Centre GmbH
Am Seedeich 9, D-27472 Cuxhaven



Type Certificate

TC – 101204, Rev. 1

This Type Certificate is issued to
Easywind GmbH
Redlingsweg 3
25842 Langenhorn
Germany

For the wind turbine
EasyWind 6 AC

This statement attests compliance with

IEC 61400-2 Wind turbines – Part 2: Design requirements for small wind turbines,
2nd Edition 2006-03
SWT Class I

concerning the design and manufacture. It is based on the following Statements of Compliance and Evaluation Report:

STC – 090201	Design Assessment	DEWI-OCC, Rev. 0, 2009-02-20
STC – 090202	Prototype Testing	DEWI-OCC, Rev. 0, 2009-02-20
STC – 101209	Manufacturing Evaluation	DEWI-OCC, Rev. 0, 2010-12-23
R100268-12	Final Evaluation Report	DEWI-OCC, Rev. 0, 2010-12-23

The conformity evaluation was carried out according to IEC WT 01:2001-04 IEC system for conformity testing and certification of wind turbines – Rules and procedures in connection with the amendments of IEC 61400-2: 2006-03, Annex A: Type certification of small wind turbines.

The wind turbine type is specified in the annex of the following Statement of Compliance:

STC – 090201	Design Assessment	DEWI-OCC, Rev. 0, 2009-02-20
--------------	-------------------	------------------------------

Any change in the design or the manufacturer's quality system shall be approved by DEWI-OCC, otherwise this Type Certificate loses its validity. This Type Certificate is valid until 2015-12-22.

Cuxhaven, 2011-01-11

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Kröning'.

Dipl.-Ing. Jürgen Kröning
Head of DEWI-OCC
Certification Body for Wind Turbines



DAP-ZE-3782.00





Certificate of Approval Microgeneration

Gaia-Wind Ltd
1 Ainslie Road
Hillington
Glasgow
Lanarkshire
G52 4RU

Has complied with the requirements identified in

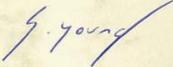
**MCS 001 - Scheme Requirements and
MIS 3003 – Installation standard for Micro & Small Scale Wind Systems**

And is authorised to use the BRE Global Mark and the
Microgeneration scheme mark on stationery and publications related
to the following service;

**Design, supply, installation, set to work, commissioning and handover of
Micro & Small Scale Wind Systems**

for and on behalf of BRE Global

Sarah Young



Certificate No: MCS 1411
Issue Number: 1
Valid From: 3rd March 2010





BRE Global Limited, Watford, WD25 9XX T: +44 (0)1923 664100 F: +44 (0)1923 664910 W: www.greenbooklive.com

This certificate remains the property of BRE Global Ltd and is issued subject to terms and conditions. It is maintained and held in force through annual review and verification. To check the authenticity of this certificate, please visit www.greenbooklive.com or contact us.

BF948 Rev 1 Page 1 of 1 © BRE Global Ltd. 2008

Hersteller mit zertifizierten Kleinwindanlagen

<http://smallwindcertification.org/certified-small-turbines/>

http://www.microgenerationcertification.org/consumers/product-search?page=1&limit=100&product_type_id=6776

<http://www.vindmoellegodkendelse.dk/certification/type-certificates/>

Zugelassene Prüfinstitute weltweit

Country	Certification Services
Denmark	Danish testing & certification association for wind energy DTU
Netherlands	CertiQ
United Kingdom	Microgeneration Certification Scheme (MCS)
United States of America	Small Wind Certification Council (SWCC)
Independant	GL
Independant	DEWI-OCC Offshore and Certification Centre
Independant	TÜV

Tabelle, QUELLE: <http://small-wind.org/quality/certification/>

Hersteller mit zertifizierten Kleinwindanlagen

AIRCON GmbH & CO. KG	Eveready Diversified Products	quietrevolution
Anders Riis Petersen	Evoco	Sonkyo, Windspot
Bergey Windpower Co.	Fortis	Southwest Windpower
Braun	Gaia-Wind Ltd	Thy Møllen Leif Pinholt
C&F Green Energy	HSWind ApS	Tozzi Nord s.r.l
Cebas ApS	Jensen Vindmøller A/S	Vindby ApS
EasyWind GmbH	Kestrel Wind Turbines - Eveready	Westwind Wind Turbines
Eoltec SAS	Kingspan Renewables Ltd / Proven	Xzeres Wind Corp
E Vance Wind Turbines Ltd.	KVA Diesel	Zhejiang Huaying Wind Power Gen

Quellen: abgerufen am 18.03.2012

<http://www.microgenerationcertification.org/mcs-consumer/product-search.php>

<http://www.smallwindcertification.org/certified-turbines/>

http://www.dawt.dk/DK/Godkendte_small_WT.htm

Unabhängige Informationsquellen: www.kleinwindanlagen.de



The screenshot shows the homepage of the website www.kleinwindanlagen.de. The header features a large image of a wind turbine in a field with the website's name and tagline "(fast) alles zum Thema". Below the header is a navigation menu with links for Home, Forum, Shop, Karte, Kontakt, Impressum, and Datenschutz. The main content area is divided into three sections: a left sidebar with a list of power capacity categories and other resources; a central section with a welcome message, a photo of a wind turbine, and introductory text; and a right sidebar with a section for recommended links, including a "WindEnergie Topliste" button.

www.kleinwindanlagen.de
(fast) alles zum Thema

Home Forum Shop Karte Kontakt Impressum Datenschutz

1 - 250 Watt
251 - 500 Watt
501 - 1000 Watt
1001 - 2500 Watt
2501 - 5000 Watt
... bis 10kW
... bis 30kW
Händler-Adressen
Tipps
Links & Adressen
Bücher
Selbstbau
Schul/Hausarbeiten
Testfeld

Willkommen bei www.kleinwindanlagen.de



Ich möchte Ihnen alle möglichen und nützlichen Informationen über Kleinwindanlagen anbieten.

Natürlich bin ich dabei besonders auch auf Ihre Informationen und gegebenenfalls auch Ihre Erfahrungsberichte und Fotos angewiesen.

Wer also schöne Bilder von Windanlagen oder interessante Berichte hier mit einstellen möchte, sollte Sie mir per Mail zusenden oder direkt im Forum andere Leser teilhaben lassen.

Auch alle anderen Tipps sind immer sehr willkommen.

Empfohlene Links:

[WindEnergie Topliste](#)

Unabhängige Informationsquellen: <http://www.klein-windkraftanlagen.com>

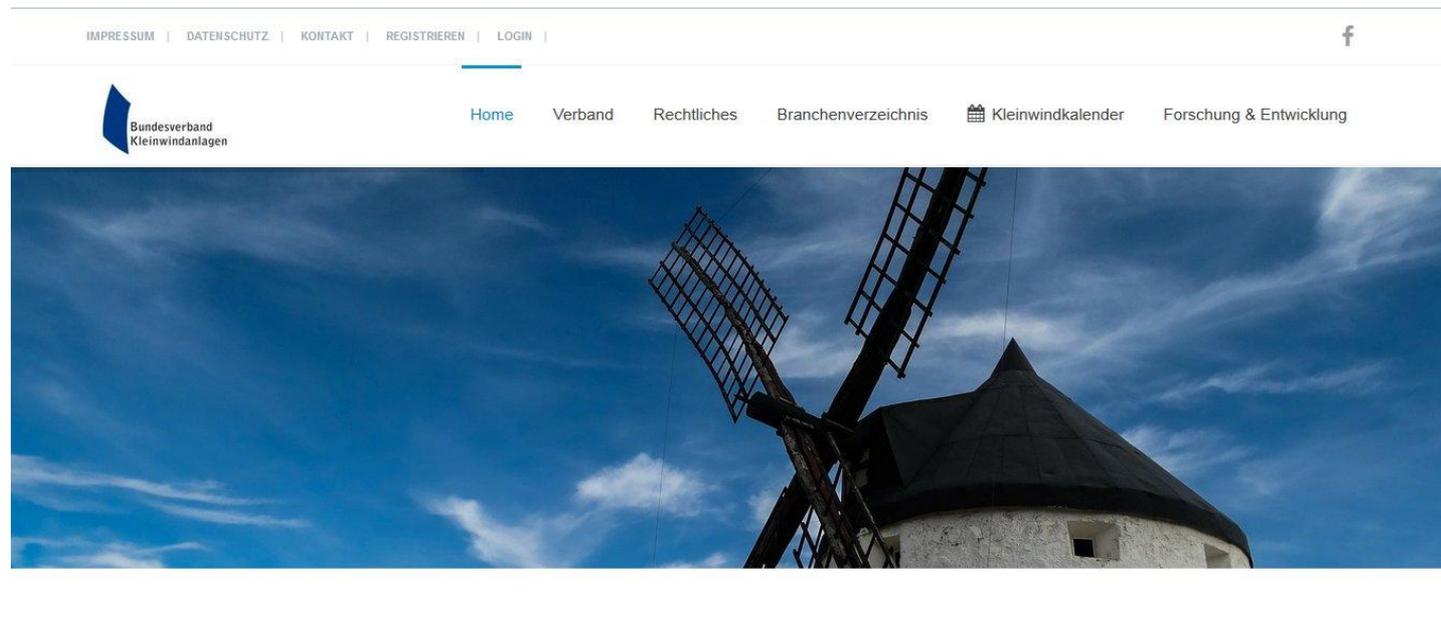


Unabhängige Informationsquellen: www.wind-energie.de/themen/kleinwind

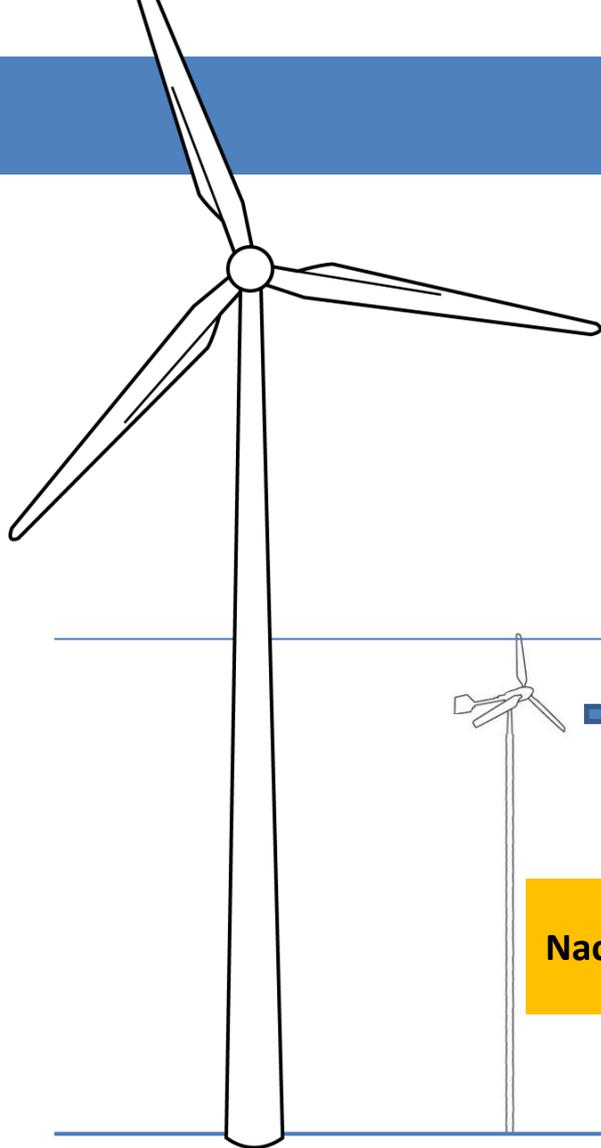


Markt, Hersteller, Qualität

Unabhängige Informationsquellen: www.bundesverband-kleinwindanlagen.de



Wie definiert sich Kleinwind nach Baurecht?



immissionsschutzrechtliche

Genehmigungspflicht (BImSchG) ¹⁾ ²⁾

bis zu 50 m

baurechtlichen Genehmigungspflicht ²⁾

nach Landesbauordnung (LBO)

Nach dem Baurecht sind Kleinwindanlagen Anlagen bis 50 m Gesamthöhe

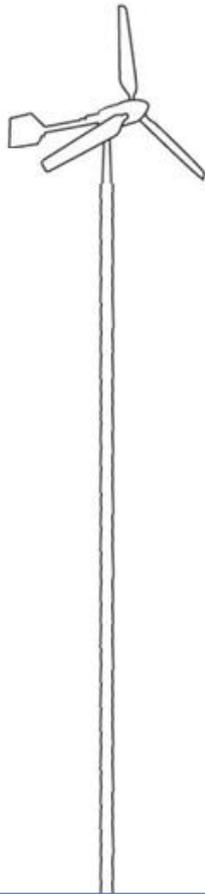
Quellen:

1) BImSchG Nr. 1.6 Spalte 2, Anhang zur 4. BImSchV

2) Bayerischer Windatlas, S.34, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, München 2010

3) Grafik: Große WEA: http://sweetclipart.com/multisite/sweetclipart/files/windmill_line_art.png

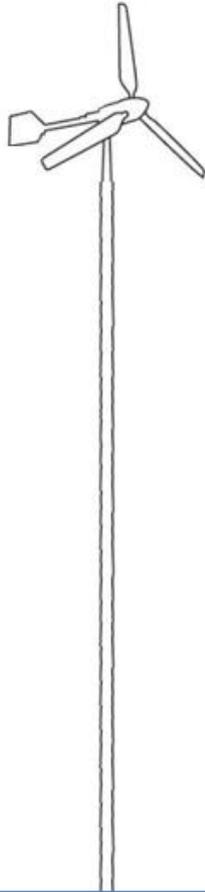
4) Grafik: KWEA: www.solkon-solar.de/kleinwindkraftanlagen/funktionsweise.html, modifiziert: M.Gehling



Nach EEG bis 50 kW Nennleistung

Nach dem EEG sind es Anlagen bis 50 kW Leistung

Quelle: 5) § 29 Abs. 3 EEG 2012 (aus E-Mail Dr. Dirk Legler, Rechtsanwälte Günther, Hamburg vom 10.10.2013)



Kleinwindanlagen haben nach IEC 61400-2 eine überstrichene Rotorfläche bis 200 m² (ergibt mit aktuellen am Markt befindlichen Anlagen max. 70 kW) ⁶⁾

**Nach europäischen und internationalen Normen KWEA:
bis 200 m² Rotorfläche etwa 70 kW Nennleistung**

Quelle: 6) DIN EN 61400-2:2007 "Windenergieanlagen, Teil 2: Sicherheit kleiner WEA" und eigene Berechnungen M.Gehling

Was ist bei der Planung zu berücksichtigen?

Baurecht

Standort prüfen

- Windpotenzial, Windmessung
- Grundstücksgröße und Hindernisse

Genehmigungslage

- Gespräch mit dem Bauamt / Gemeinde / Nachbarn
- baurechtliche Zulässigkeit / Baugenehmigung

Anlagenauswahl

- Strombedarf / Heizbedarf / Bezugskosten
- Auswahl Bauform / Anlagentyp
- Auswahl Leistungsklasse und Bauhöhe

Baurecht

Herstellerauswahl

Nach folgenden Kriterien kann ein Modell/Hersteller ausgewählt werden:

- Bauart
- Größe
- Anzahl installierter Anlagen, Referenzen, **Zertifizierungen**
- Hersteller ist am Markt seit
- Investitionskosten (Kleinwindanlage, Mast, Wechselrichter/Umrichter)
- Nebenkosten (Netzanschluss oder Speicher)
- laufende Kosten (Wartung Service, Versicherung)
- Garantie

Baurechtliche Zulässigkeit

Zum Bauantrag gehören:

- Antragsformular 3 Seiten vom Antragsteller „Bauherr“ und Architekt/Ingenieur
- Baubeschreibung, Beschreibung des „Bauwerks“, der Anlage
- amtl. Lageplan des Grundstücks
- Technische Zeichnung
- Falls gewünscht: Zertifikate
- Immissionsschutzunterlagen (z.B. Schallpegel)
- Vogelschutzgutachten oder andere naturschutzrechtliche Nachweise

Netzanschluss oder Insel

Netzanschluss oder Inselbetrieb

- Beauftragung eines Elektroinstallateurs
- Anschluss am Netzeinspeisepunkt nach Vorgaben des Netzbetreibers
- Zählerinstallation für Einspeisung ins Netz oder Inselbetrieb mit Speicher

Ermittlung Anlagengröße

Für **netzgebundene Systeme** ist nicht die Einspeisung sondern nur der **Eigenverbrauch** wirtschaftlich sinnvoll. Für Inselsystemen ist die **Balance** zwischen allen beteiligten Wind-, Solar-Konvertern, Batteriegröße (Kapazität) und Energiebedarf (durchschnittl. Tagesbedarf und max. Last) besonders relevant und eine sehr detaillierte Analyse des Bedarfs und des Nutzungsverhaltens ist passgenau auszuführen. **In beiden Fällen gilt es die Kleinwindanlage genau zu dimensionieren um den maximalen energetischen und wirtschaftlichen Nutzen zu erzielen.**

- a) Energiebedarf (kWh, pro Tag, pro Jahr)
- b) Maximale Tagesleistung ($P_{d \max}$, kW), Gesamtanschlussleistung aller Geräte, die gleichzeitig betrieben werden
- c) Lastverriegelung, Lastabwurf (Kaskade) bestimmen
- c) Autonomietage für Batteriegröße festlegen (1 bis 4 Tage)

a) bis c) nach: Bopp, Georg, Planungsleitfaden für Energiekonzepte von Berghütten, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Fraunhofer ISE, Freiburg 2002

Beispiele aus der Praxis

Zone Place Room	Consumer load	Nominal power Watt [W]	Daily operating hours [h]	Hourly power demand [W]	Daily energy demand [kWh]	Reduced energy demand [kWh]	Total [kWh]	
Kitchen	Sausage cutter	180	1	180	0,2	0,2	40,0	
	Bread slicer	150	1	150	0,2	0,2		
	Dishwasher (Glasses)	3600	3	1500	4,5	4,5		
	Dishwasher	4000	3	1500	4,5	4,5		
	Microwave	3160	1	3000	3,0	3,0		
	Warm bridge	2000	9	800	7,2	7,2		
	TV, Sat. receiver	350	2	150	0,3	0,3		
	Flyabsorber insects	140	3	25	0,1	0,1		
	Cash register	32	16	5	0,1	0,1		
	Mixing machine	700	1	200	0,2	0,2		
	Espresso machine	750	0,2	750	0,2	0,2		
	Coffee machine	1000	8	600	4,8	2,0		
	--- reduced line items ---
	--- only for demonstration---							...
	Freezer	55	24	15	0,4	0,4		
Fire alarm system	20	24	20	0,5	0,5			
Wastewater treatment	Alpimat	1300	24	270	6,5	6,5	6,5	
	Fat seperator	2600	every	3 months	2 hours	operating		
Electric lighting	Kitchen				21,9	9,0	17,3	
	Other lighting				9,7	8,3		
Ventilation	Ceiling ventilation machine	2232	12	2232	26,8	5,5	16,9	
	Ceiling ventilation standby	276	12	276	3,3	0,0		
	Chill cell (Aggregate and fan)		12	1164	14,0	11,4		
Cooling	Chill cell (defrosting heating)	2400	2	1150	2,3	2,3	18,3	
	Beer flow cooler, carbonator	460	13	200	2,6	2,6		
	Cooling beer cave							
	and beverage drawer	916	18	916	16,5	5,5		
	Cooling aggregate K2+K3+K4	916	8	916	7,3	5,5		
	Cooling aggregate K5							
	Preparation room	394	6	394	2,4	2,4		
Total demand	per day				162,2	99,0	99,0	

source: Data: H. Deubler and notes M. Gehling, 2011

Beispiele aus der Praxis

Energiebedarf

Milchkühlung je nach Außentemperatur und Abholung etwa 5.000 kWh pro Jahr

Tränkeautomat zeitweise und Güllemixer nur gelegentlich meist Frühjahr und Herbst

Vakuumpumpe und Waschautomat zum Melken laufen morgens 6 – 8 Uhr und abends 17 - 19 Uhr

Verbraucher	Leistung	Jährliche Nutzungsdauer	Energie
Landwirtschaftlicher Betrieb	kW	h	kWh
Vakuumpumpe	5	1460	7.300,00
Waschautomat - Heißwasser	30	1460	43.800,00
Kühlanlage - Milch	5	1000	5.000,00
Tränkeautomat	1,5	700	1.050,00
Güllemixer	10	365	3.650,00
Licht Geb. 1	2,5	2000	5.000,00
Licht Geb. 2	1,7	1000	1.700,00
Notbeleuchtung	0,5	10	5
Summe			67.505,00

Quelle: e-mail Andreas Hastedt 16.06.2011

Beispiele aus der Praxis

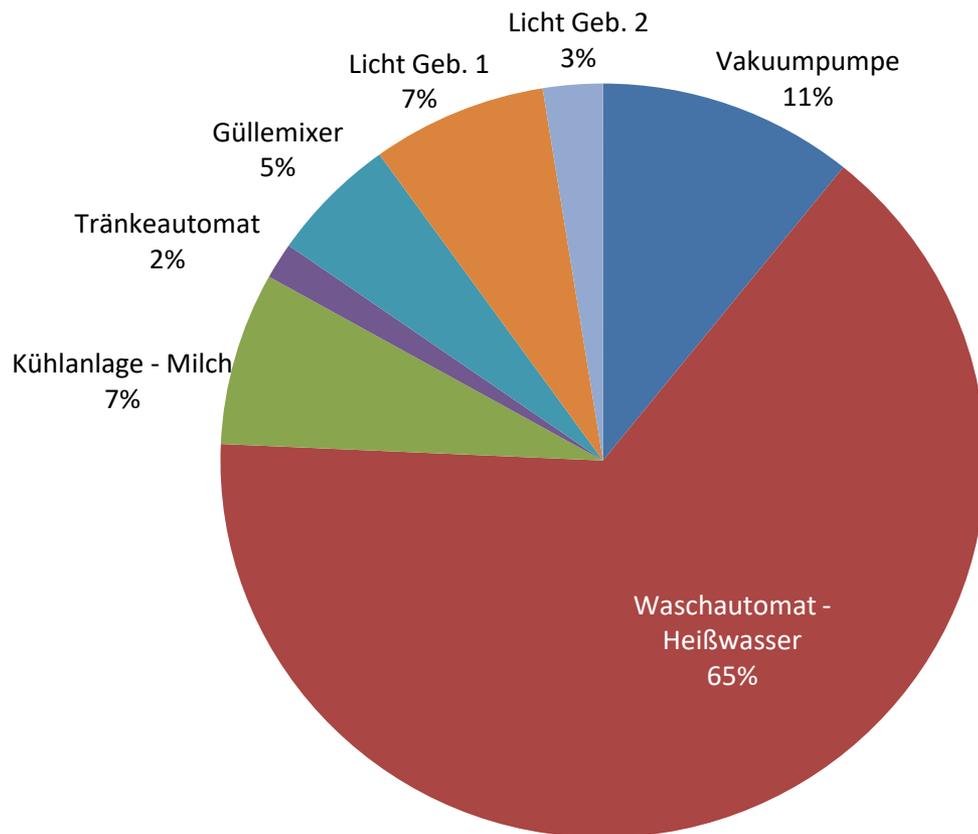
Wohngebäude
3-Personen
Haushalt

Verbraucher	Last	Jährliche Nutzungsdauer	Energie
Wohngebäude (3 Personen)	kW	h	kWh
Herd	1	430	430
Geschirrspüler	2	125	250
Kühl-Gefrierschrank	1,8	410	738
Kleingeräte	2	170	340
Waschmaschine	2	110	220
Trockner	3,8	110	418
Unterhaltung, PC	0,3	1800	540
Warmwasser (elektr.)	2	240	480
Umwälzpumpe Heizung	0,04	5300	212
Licht	0,3	1300	390
Summe	71,44		4.018,00

Quelle: VDEW, BDEW 2007, und eigene Berechnungen

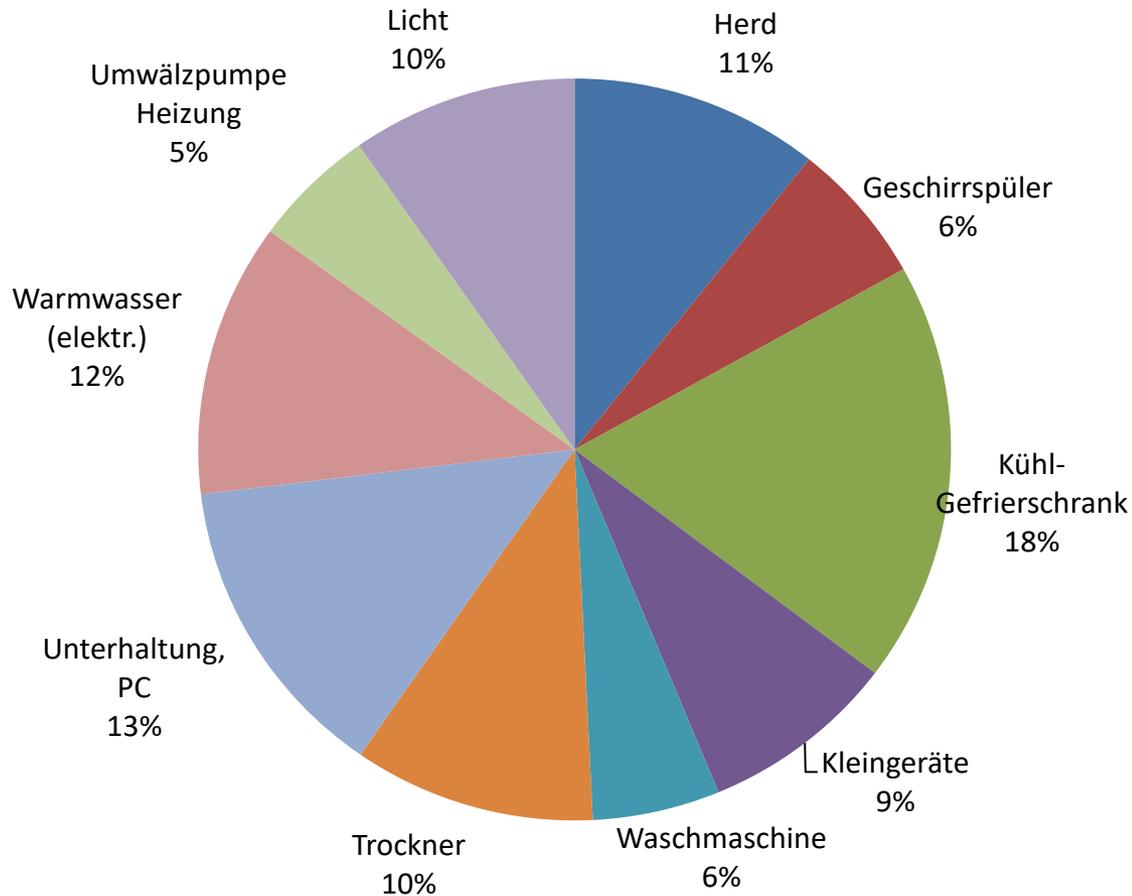
Beispiele aus der Praxis

Landwirtschaftlicher Betrieb 67.505 kWh / Jahr



Beispiele aus der Praxis

Wohnhaus 4.018 kWh / Jahr



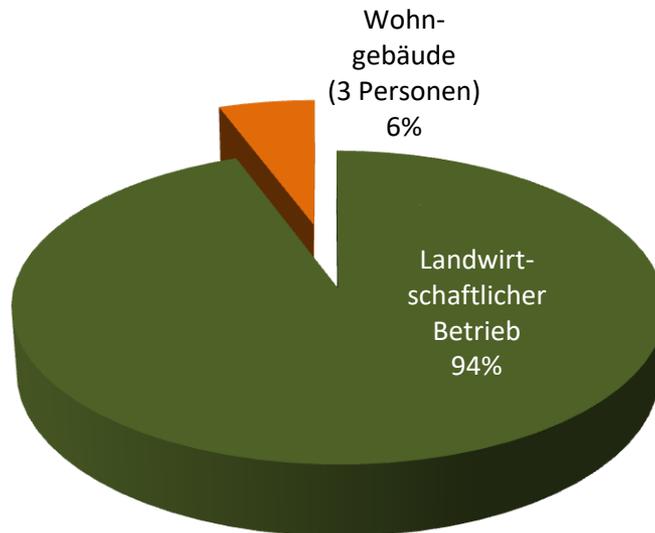
Energiebedarf

Ermittlung des Strombedarfs aus Leistung und Nutzungsdauer

Milchviehbetrieb und Wohnhaus (Beispiel)

100 Kühe + Nachzucht

Doppel- Achter Fischgrätenmelkstand



Jahresenergiebedarf	
	kWh
Landwirtschaftl. Betrieb	67.505,00
Wohngebäude (3 Personen)	4.018,00
Summe	71.523,00

Quelle: e-mail Andreas Hastedt 16.06.2011

Beispiele aus der Praxis

Energiebedarf

Ermittlung des Strombedarfs aus **Rechnung**

Energielieferverträge für

a) Privat- und Kleingewerbe (kWh)

nach Standardlastprofil (SLP)

b) Großkunden (kWh + kW)

nach registrierter Leistungsmessung (RLM)

- ab 100.000 kWh / Jahr oder mind. 30 kW Leistung
- jede Viertelstunde \emptyset Leistungswert (KW) - > individ. Lastgang
- Anreiz: Spitzenleistung d. Lastmanagement verringern

EINGEGANGEN
09. Nov 2010

e.on | Bayern

E.ON Bayern Vertrieb GmbH, Postfach 101016, 93010 Regensburg HR50-SK
DV 11 0,55

Herr [REDACTED]
F 089/1254-2593

Regensburg, den 8. November 2010 PD NUMMER 3000/1/202/3
RD NUMMER 23081

Rechnung

Sehr geehrte Damen und Herren,

für die nachfolgende Abrechnung stehen Ihnen die detaillierten Mengen- und Preisberechnungen sowie weitere Hinweise im Anhang zur Verfügung.

Standort: [REDACTED]

BEZAHLT AM 8. DEZ. 2010
GEBÜCHT AM 7. DEZ. 2010

Position Zeitraum	Nettobetrag EUR	USt %	USt-Betrag EUR	Bruttobetrag EUR
Turnusabrechnung Strom / Lieferung 01.10.10-31.10.10	32.601,42	19,00	6.194,27	38.795,69
Rechnungsbetrag				38.795,69
Zahlbetrag	fällig am 22.11.2010			38.795,69

Bitte überweisen Sie den Zahlbetrag bis zum genannten Fälligkeitsdatum unter Angabe der Rechnungsnummer 910020549526 auf das angegebene Konto.
Bei nicht fristgerechtem Zahlungseingang werden Verzugszinsen gemäß § 288 BGB berechnet.

Freundliche Grüße

Ihre E.ON Bayern Vertrieb GmbH

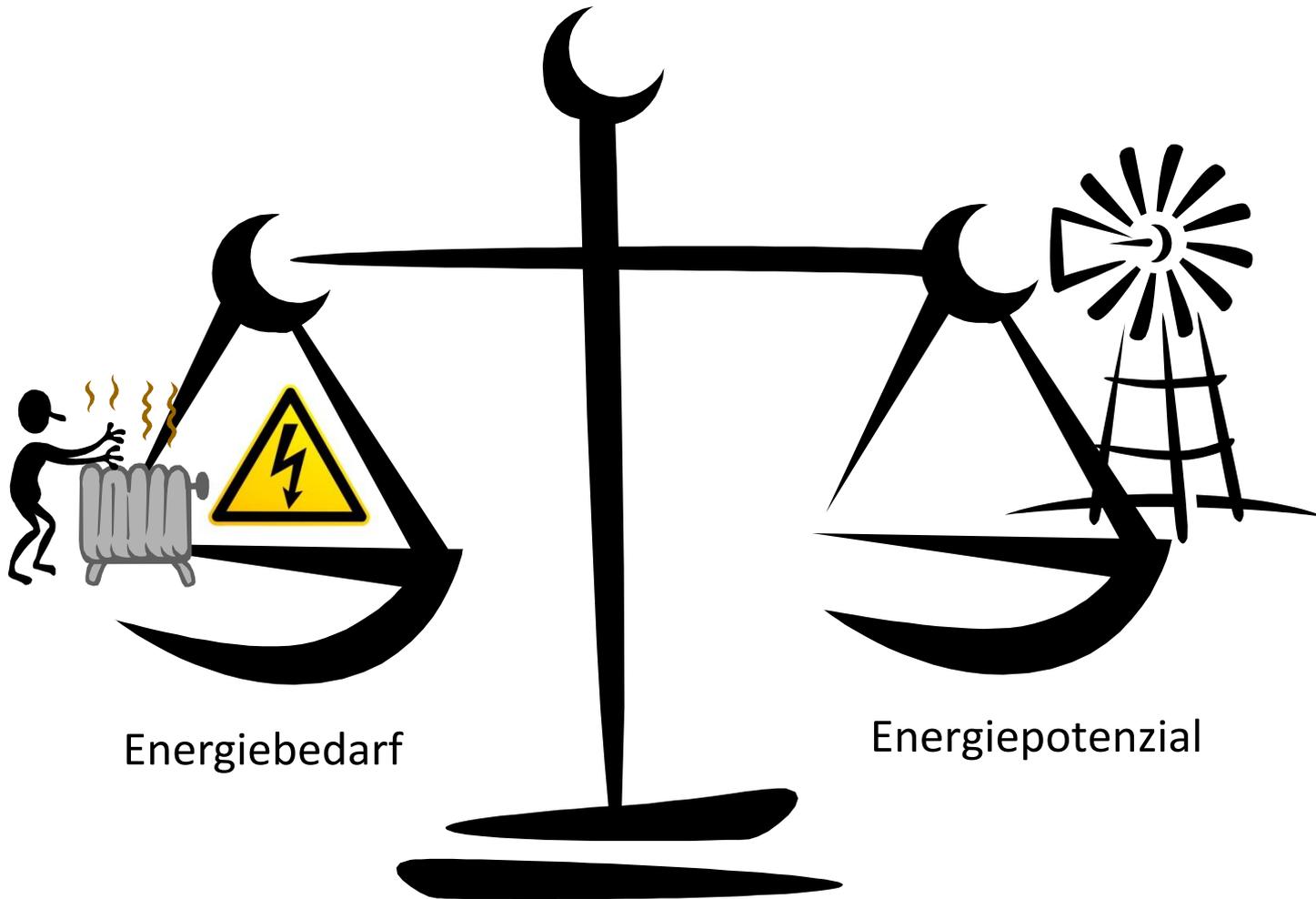
Geschäftsführer:
Max Binder
Olmar Zsler

Sitz Regensburg
Prüfener Straße 20
93049 Regensburg
Amtsgericht Regensburg
HRB 10791
St. Nr. 244/117/20191
USt-IdNr. DE259922663

HypoVereinsbank München
Konto 620 043 12
BLZ 700 202 70
IBAN:
DE04700202700062004312
BIC: HYVEDE33XXX

1 | 4

Beispiele aus der Praxis



Windmessung: Wie viel Energie steckt im anströmenden Wind ?

Anemometer (Windgeschwindigkeit)

Windfahne (Windrichtung)

Controller (mit Datenlogger)



Fotos: M.Gehling,, Montage Anemometer, Rotwandhaus, 2011

Windmessung – Messdaten

Date Time	v (m/s)	dir (°)	Ort: Rotwandhaus - Mittelwerte über 10 Minuten		
26.02.2011 12:27	3,300	225,0		Anzahl Messdaten	16261
26.02.2011 12:44	3,200	217,0		Messzeitraum von	26.02.2011
26.02.2011 12:54	2,000	214,0		Messzeitraum bis	18.06.2011
26.02.2011 13:04	2,100	201,0		Arithmetisches Mittel der Windgeschwindigk	3,455m/s
26.02.2011 13:14	2,300	47,0			
26.02.2011 13:24	2,900	240,0	Windgeschwindigkeit - 10-min Mittelwerte		
26.02.2011 13:34	2,900	243,0		$v_{\min} 2011$	0,0m/s
26.02.2011 13:44	3,800	247,0		$v_{\max} 2011$	20,2m/s
26.02.2011 13:54	3,200	248,0			
26.02.2011 14:04	4,400	255,0			
26.02.2011 14:14	3,600	251,0			
26.02.2011 14:24	3,100	247,0			
26.02.2011 14:34	3,000	220,0			
26.02.2011 14:44	2,800	208,0			
26.02.2011 14:54	2,600	187,0			
26.02.2011 15:04	2,800	210,0			
26.02.2011 15:14	3,000	212,0			
26.02.2011 15:24	3,200	206,0			
26.02.2011 15:34	4,200	241,0			
26.02.2011 15:44	2,800	224,0			
26.02.2011 15:54	3,000	220,0			
26.02.2011 16:04	3,000	239,0			
26.02.2011 16:14	3,100	245,0			
26.02.2011 16:24	3,100	248,0			
26.02.2011 16:34	2,400	225,0			
26.02.2011 16:44	2,700	244,0			

Messdaten

Tag, Uhrzeit, 10-min Intervall
Windgeschwindigkeit, Mittelwert 10-min
Windrichtung, Mittelwert 10-min

Messgerät

Powerpredictor

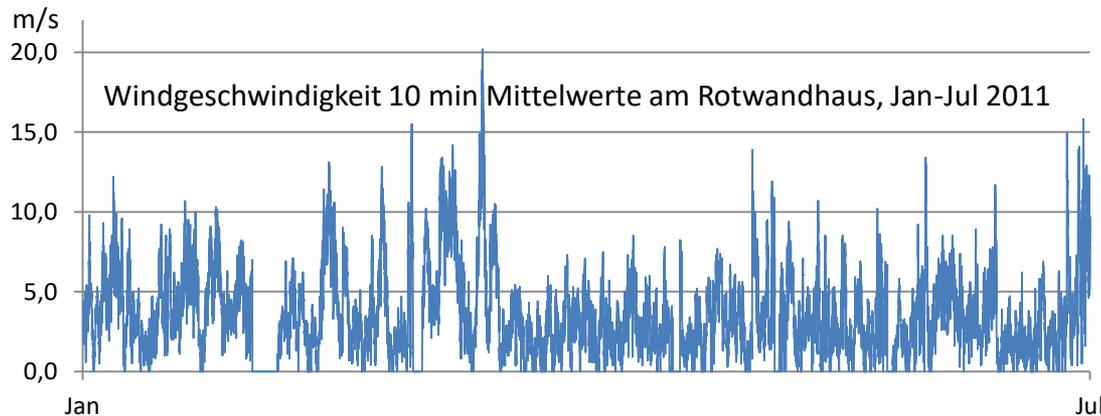
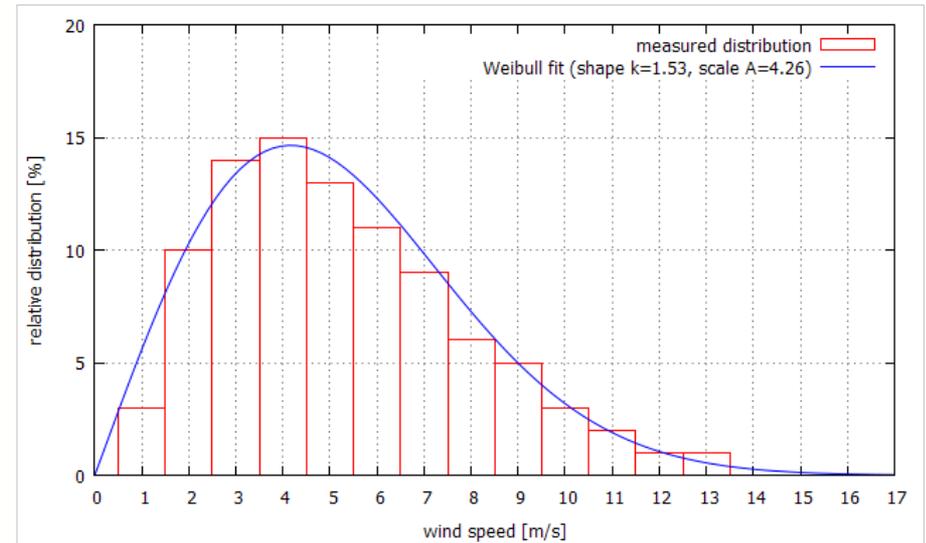
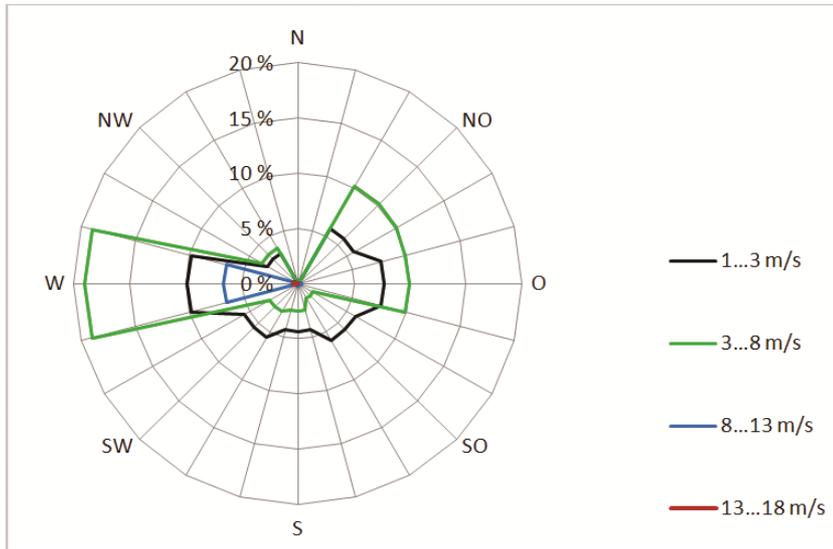
Eigene Auswertung



Foto: M.Gehling,, Montage Anemometer, Rotwandhaus, 2011

Quelle: Gehling, Matthias, Eigene Messungen Rotwandhaus, 2011

Auswertung Messdaten



Oben links: Windrose, Häufigkeit und Richtung der gemessenen Windgeschwindigkeiten

Oben rechts: Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten und Näherung mit Weibullfunktion (Gnuplot)

Beispiele aus der Praxis

Strömungsleistung

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_T \cdot v^3$$

Leistung	P		W
Dichte Luft	ρ	1,225	kg/m ³
Rotorfläche	A		m ²
Windgeschwindigkeit	v		m/s

Windgeschwindigkeit (v) geht mit 3. Potenz ein !

Beispiel:

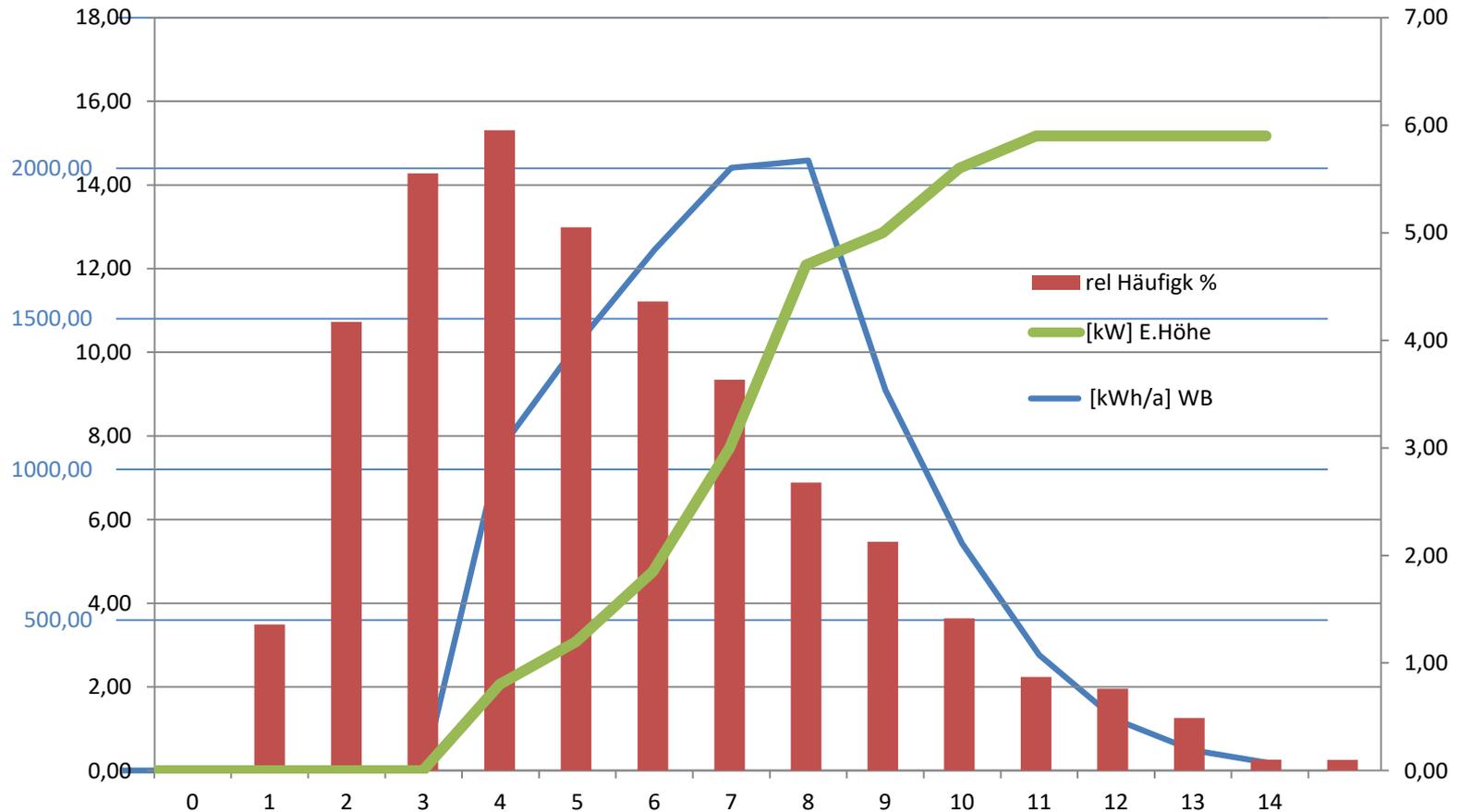
$$v=4,5 \text{ m/s} \quad v^3 = 91,13 \text{ m/s}$$

$$v=5,5 \text{ m/s} \quad v^3 = 166,38 \text{ m/s}$$

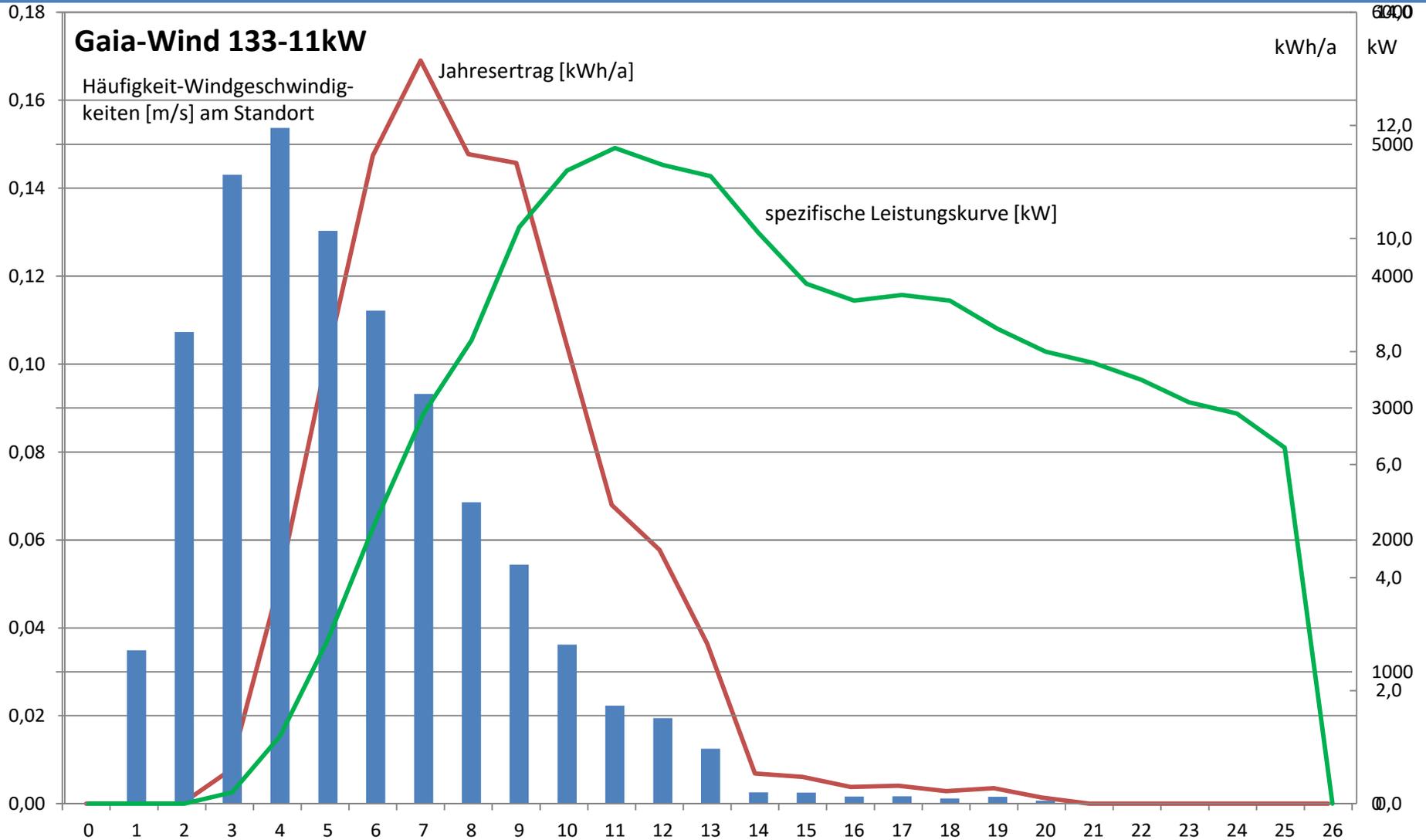
Erhöht sich die momentane Windgeschwindigkeit von 4,5 auf 5,5 m/s geht sie statt mit Faktor 91 mit dem Faktor 166 ein

Beispiele aus der Praxis

Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (rot)
Ertragsverteilung (blau) und Leistungskennlinie (grün)



Beispiele aus der Praxis



Beispiele aus der Praxis

Rotwandhaus	4,3 m/s (18 m)
Energieerzeugung	kWh/a
Promekon	2.807
Easywind	4.466
Bergey 10	9.013
Aircon	11.193
Gaia	19.638

Quellen: Eigene Windmessungen und Berechnungen nach Annuitätenmethode für zwei verschiedene Standorte, M.Gehling 2011, die Werte sind nur für die gemessenen Standorte gültig und können nicht auf andere Standorte übertragen werden, da nicht nur die mittl. Jahreswindgeschwindigkeit sondern auch die Verteilung der Wingschwindigkeitsklassen und weitere standortspezifische Parameter berücksichtigt werden müssen.

Gaia-Wind 133-11kW Data Sheet

Annual Energy Production (AEP)*

Annual Average Wind Speed (measured at hub height)	Annual Energy Production (AEP)
4 m/s	16,220 kWh
5 m/s	27,502 kWh
6 m/s	37,959 kWh
7 m/s	46,527 kWh

Quellen: Eigene Windmessungen und Berechnungen nach Annuitätenmethode für zwei verschiedene Standorte, M.Gehling 2011, die Werte sind nur für die gemessenen Standorte gültig und können nicht auf andere Standorte übertragen werden, da nicht nur die mittl. Jahreswindgeschwindigkeit sondern auch die Verteilung der Wingschwindigkeitsklassen und weitere standortspezifische Parameter berücksichtigt werden müssen.

Beispiele aus der Praxis

Mittlerer Standort

4,2 m/s mittlere Jahreswindgeschwindigkeit in 18 m Nabenhöhe

Sehr guter Standort

5,5 m/s mittlere Jahreswindgeschwindigkeit in 18 m Nabenhöhe

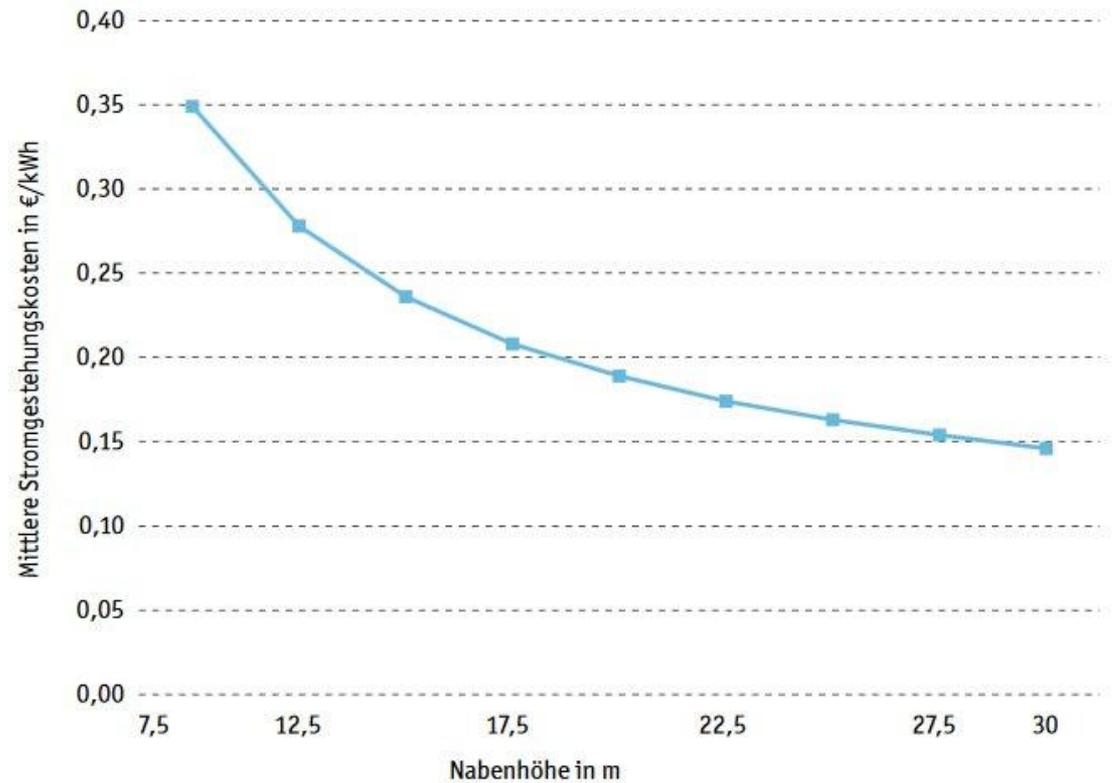
Klasse	Kosten pro kWh Strom	EUR
5 kW	KD - Promekon 5	0,89
5 kW	Easywind 6	0,40
11 kW	Gaia 133	0,28

Klasse	Kosten pro kWh Strom	EUR
5 kW	KD - Promekon 5	0,38
5 kW	Easywind 6	0,20
11 kW	Gaia 133	0,17

Quellen: Eigene Windmessungen und Berechnungen nach Annuitätenmethode (Nutzungsdauer: 15 Jahre) für zwei verschiedene Standorte, M.Gehling 2011, die Werte sind nur für die gemessenen Standorte gültig und können nicht auf andere Standorte übertragen werden, da nicht nur die mittl. Jahreswindgeschwindigkeit sondern auch die Verteilung der Wingschwindigkeitsklassen und weitere standortspezifische Parameter berücksichtigt werden müssen.

Beispiele aus der Praxis

**Mittlere
Stromgestehungskosten
in Abhängigkeit von der
Nabenhöhe
für spezifische
Kleinwindanlage**



Quellen: : J.Twele et al, Wirtschaftlichkeit und Vergütung von Kleinwindenergieanlagen, BWE, Berlin 2010

Rotwandhaus 2016

Windrad

	Leistung [Wh]
Juli	10950
August	74910
September	120010
Oktober	149230
November	163180
Dezember	161220
Januar	67800
	747300
<u>Summe</u>	747,3 kWh

**7 Monate Energieertrag
747,3 kWh**

**12 Monate Energieertrag
etwa **1.280 kWh****

Im Vergleich dazu:

Berechneter Energieertrag
Rotwandhaus

Promekon 5kW: **2.800 kWh / Jahr**

Zusammenfassung - Fazit

Eine **sehr gute Kleinwindanlage** an einem **sehr guten Windstandort** kann schon heute wirtschaftlich betrieben werden.

Vernetzt mit anderen Maßnahmen (Sektorkopplung) und der Änderung des persönlichen Verhaltens (nachhaltigen Konsum, klimafreundliche Mobilität) können Kleinwindenergieanlagen einen Beitrag gegen den fortschreitenden Klimawandel leisten und den eigenen CO₂-Fußabdruck verkleinern.

Fragen ?

M.Sc. Matthias Gehling

Ingenieurbüro für Erneuerbare Energien, Leipzig

Mitglied und Referent im



Leiter Regionalgruppe Ost



Mitglied in der



Mitglied in der



Mitglied des Vorstands der

