

Kleine Windenergieanlagen

Technik - Recht - Wirtschaftlichkeit

KTBL-Heft 92



Autoren

Walter Eggersgluß
Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein | Rendsburg
Henning Eckel
Stefan Hartmann
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. | Darmstadt

In Zusammenarbeit mit der KTBL-Arbeitsgemeinschaft „Energie“

Finanzielle Förderung

Gefördert mit Mitteln des KTBL-Arbeitsprogramms „Kalkulationsunterlagen (KU)“

© 2012

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon 06151 7001-0 | Fax 06151 7001-123
E-Mail ktbl@ktbl.de | www.ktbl.de

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des KTBL urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Redaktion
Henning Eckel, Stefan Hartmann | KTBL

Lektorat
Monika Pikart-Müller | KTBL

Titelfoto
Braun Windturbinen GmbH | Nauroth

Vertrieb
KTBL | Darmstadt

Druck
Druckerei Lokay | Reinheim

Printed in Germany

ISBN 978-3-941583-61-0

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Anlagentechnik	7
3	Leistungsberechnung	15
4	Standortwahl	17
5	Ertragsprognose	23
6	Rechtliche Rahmenbedingungen	27
7	Anlagenbetrieb	32
8	Wirtschaftlichkeit	35
9	Das Wichtigste in Kürze	42
	Literatur	45
	Weiterführende Informationen	47
	Abkürzungen	48
	Einheiten	48
	KTBL-Veröffentlichungen	49
	aid-Veröffentlichungen	52

1 Einleitung

Elektrische Energie ist eine hochwertige Energieform, die nicht nur in Wärme, sondern auch in Kraft und Licht umgewandelt werden kann. Im Jahr 2011 wurden noch 80 % des in Deutschland verbrauchten Stroms aus Kohle, Erdgas oder Kernbrennstoffen erzeugt (BMU 2012). Das Energiekonzept der Bundesregierung sieht vor, diese endlichen Energieträger schrittweise durch erneuerbare Energieträger wie Sonnenstrahlung, Wind, Wasser und Biomasse zu ersetzen (BMU und BMWi 2011).

Die erneuerbaren Energieträger haben in den vergangenen Jahren ihren Anteil deutlich erhöht und waren 2011 mit 12 % am gesamten Endenergieverbrauch (Strom, Wärme und Mobilität) und mit 20 % am Bruttostromverbrauch Deutschlands beteiligt (BMU 2012). Der Windenergie kommt dabei mit einem Anteil von 38 % an der Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien eine besondere Bedeutung zu.

Der Trend bei der Anlagentechnik für Windenergieanlagen (WEA) geht hin zu immer größeren Anlagen, die inzwischen fast ausschließlich gruppenweise in Windparks aufgestellt werden. Den größten Anteil an neu installierten Anlagen im ersten Halbjahr 2011 hatten Anlagen in der Leistungsklasse von 2–2,9 MW installierter Leistung mit Rotordurchmessern von 60–90 m (DEWI 2011).

Daneben werden auch kleine Windenergieanlagen (KWEA) angeboten, die sowohl für die Deckung des eigenen Stromverbrauchs als auch für die Einspeisung in das Verbundnetz eingesetzt werden können. Abbildung 1 und Tabelle 1 zeigen einen Vergleich von Kennwerten kleiner und großer Windenergieanlagen.

Tab. 1: Beispielhafte Kennwerte kleiner und großer Windenergieanlagen

Merkmal	Einheit	Große Windenergieanlage	Kleine Windenergieanlage
Nabenhöhe	m	120	24
Rotordurchmesser	m	126	7
Gesamthöhe	m	183	27,5
Überstrichene Rotorfläche	m ²	12 470	38
Nennleistung	kW	5 000	10

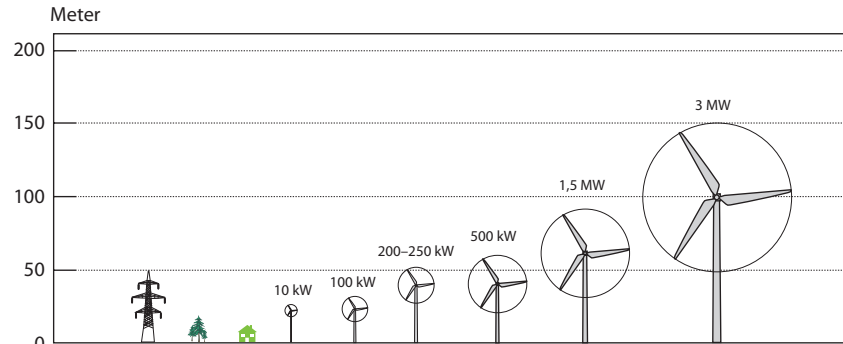


Abb. 1: Größenvergleich von kleinen und großen Windenergieanlagen (GPE 2009, verändert)

Die Bezeichnung kleine Windenergieanlage (KWEA) ist nicht verbindlich definiert. Ein mögliches Kriterium ist die installierte Nennleistung. So bezeichnet der Bundesverband WindEnergie (BWE) Anlagen bis 100 kW Generator-Nennleistung als kleine Windenergieanlagen. Die Norm DIN EN 61400-2 (DIN 2007) zählt alle Anlagen mit einer vom Rotor überstrichenen Fläche von bis zu 200 m² dazu. Das entspricht bei Rotoren mit horizontaler Achse einem Rotordurchmesser bis 16 m. Derartige Anlagen werden mit 60–70 kW Generatoren ausgerüstet. Die meisten KWEA sind aber wesentlich kleiner und weisen Nennleistungen unter 5 kW auf. Die Fläche, der vom Rotor Energie entzogen werden kann, beträgt dann oft unter 20 m². In der Landwirtschaft werden meist Anlagen nachgefragt, die mehr als 5 kW Nennleistung aufweisen und im Parallelbetrieb mit dem Stromnetz betrieben werden können. Tabelle 2 zeigt eine mögliche Einteilung von Windenergieanlagen nach der Nennleistung.

Tab. 2: Leistungskategorien von kleinen Windenergieanlagen (TWELE et al. 2011, verändert)

Einsatzgebiet der Windenergieanlage	Spannung V	Nennleistung kW	Bezeichnung
Batteriegestütztes Inselsystem Anlage auch netzgekoppelt	12/24/48, DC 230, AC	bis 1,5	Leistungsklasse 1 Mikrowindenergieanlage
Gebäudeintegrierte Installation Freie Aufstellung	230, AC	1,5–5	
Gewerbegebiete, Landschaft	400, AC	5–30	Leistungsklasse 2 Miniwindenergieanlage
Gewerbegebiete, Landschaft	400/20 000, AC	30–100	Leistungsklasse 3 Mittelwindenergieanlage

DC = Gleichstrom. AC = Wechselstrom.

Im Jahr 2009 hat das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) bei 51 Betreibern von kleinen Windenergieanlagen mit 2,5 bis 75 kW Nennleistung eine telefonische Befragung durchgeführt. Siebzig Prozent der Betreiber hätten damals noch einmal eine kleine Windenergieanlage installiert (KÜHN 2010). Die Erfahrungen der Befragten zeigen: Mit technischen Problemen muss gerechnet werden, Beschwerden – z.B. der Nachbarn – sind nicht selten, die Erwartungen an den Ertrag erfüllen sich häufig nicht.

Viele Fehlentscheidungen lassen sich allerdings durch gute Vorbereitung des geplanten Windenergieprojekts und eine realistische Einschätzung der möglichen Erträge vermeiden.

2 Anlagentechnik

Eine Windenergieanlage besteht im Wesentlichen aus den Komponenten Rotor, Generator und Anlagensteuerung, Mast sowie einem Kabelstrang für den Netzanschluss. Dazu kommen je nach Anlagentyp und Größe noch ein Fundament und eine Mastabspannung. Besonders die Anlagen der Leistungsklassen bis etwa 10 kW weisen unterschiedlichste Konzepte auf. Mit zunehmender Nennleistung werden die kleinen Windenergieanlagen den Großanlagen technisch ähnlicher.

Rotor

Wesentliches Unterscheidungsmerkmal zwischen den angebotenen Anlagentypen ist die Bauform. Neben einigen Sonderformen wird hauptsächlich zwischen Anlagen mit Horizontal- und Vertikalachse unterschieden (Abb. 2).

Vorteil von Vertikal- gegenüber Horizontalachsen ist die höhere Laufruhe, sodass diese Anlagen eher für Standorte in der Nähe von Wohnbebauung in Frage kommen. Außerdem ermöglicht die vertikale Rotorachse die Installation des Generators in Bodennähe (Abb. 3).

Bei Horizontalachsen kann die gesamte Rotorfläche optimal zum Wind ausgerichtet werden, während bei Anlagen mit vertikaler Achse immer nur ein Teil der Rotorfläche optimal zum Wind steht. Horizontalachser zeichnen sich deshalb durch einen deutlich höheren Wirkungsgrad aus.

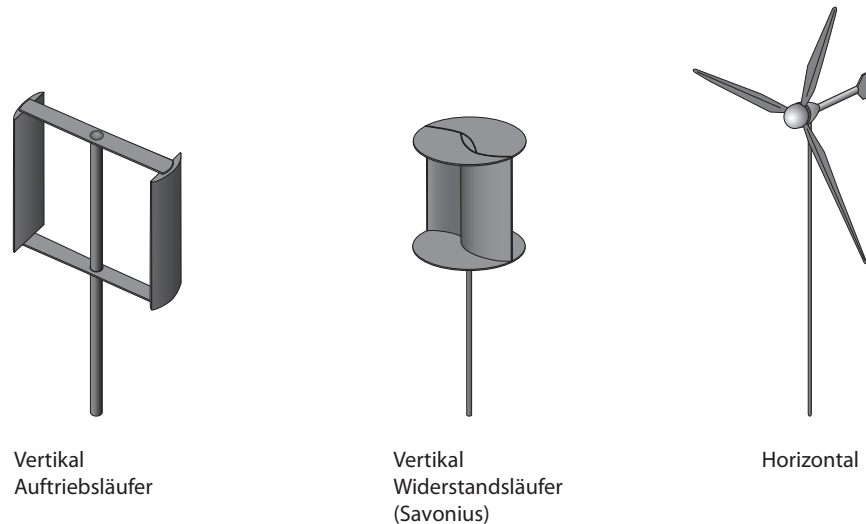


Abb. 2: Bauformen von Windenergieanlagen (WEINACK, C., verändert)



Abb. 3: Kleine Windenergieanlage mit vertikaler Achse (Fotos: Silent Future Tec GmbH)



Abb. 4: Kleine Windenergieanlage mit horizontaler Achse (Fotos: Braun Windturbinen GmbH (links); W. Eggergsglüß, (rechts))

Nachteil ist dabei allerdings die Notwendigkeit einer Windnachführung. Aufgrund des günstigeren Wirkungsgrads werden überwiegend Anlagen mit horizontaler Achse eingesetzt (Abb. 4). Bei Anlagen über 10 kW kommen zumeist 3-Blatt-Rotoren zum Einsatz, in der Regel luvseitig vor dem Mast platziert. Anlagen mit 7,5–25 kW Nennleistung verfügen typischerweise über Rotoren mit einem Durchmesser von 6–12 m. Daraus ergibt sich eine Fläche von 28–110 m², die der Rotor bei seiner Drehung überstreicht (überstrichene Rotorfläche). Bei Anlagen mit vertikaler Achse ergibt sich die überstrichene Rotorfläche aus dem Durchmesser und der Höhe des Rotors.

Generatoren und Netzkopplung

Die Generatoren zur Stromerzeugung können entweder direkt an das Netz gekoppelt sein oder den Strom über Umrichter in das Netz einspeisen (Abb. 5).

Bei direkter Netzkopplung ist die Drehzahl des Generators und damit auch des Rotors, durch die Netzfrequenz und die Polpaarzahl (Anzahl der Polpaare im Generatorumfang) vorgegeben und kann nur in sehr kleinem Umfang variiert werden (Generatorschlupf). Bei einer Netzfrequenz von 50 Hz und einer Polpaarzahl von 1 ergibt sich eine Drehzahl von etwa 3 000 U/min. Bei einer Verdopplung der Polpaarzahl halbiert sich die Drehzahl, da entsprechend mehr Polpaare für