

# Kleinwind- kraftanlagen

Ratgeber für  
Privat & Gewerbe



Windenergie  
fürs Haus

Patrick Jüttemann

Patrick Jüttemann

## **Ratgeber Kleinwindkraftanlagen**



Patrick Jüttemann

# Kleinwindkraftanlagen

Der umfassende Ratgeber zur  
Windanlage für das Haus

Praxisbeispiele  
Wirtschaftlichkeit  
Technik  
Standortprüfung  
Genehmigung  
Anlagenauswahl

1. Auflage

Mit 70 Abbildungen und Fotos sowie 26 Tabellen.

## **Inhalt des Buchs**

Kleinwindkraftanlagen produzieren Strom für einzelne Gebäude oder Geräte. Das Buch beschreibt die wichtigsten Erfolgsfaktoren für die Planung und Auswahl von Kleinwindanlagen. Der Leser profitiert von der ehrlichen Beschreibung des noch jungen Kleinwindkraft-Marktes durch einen Insider. Neben dem notwendigen Grundlagenwissen umfasst das Buch zahlreiche Praxisbezüge, Beispiele und Abbildungen.

## **Zielgruppen**

Das Buch richtet sich an Privatleute und Unternehmen als potenzielle Betreiber einer Kleinwindanlage. Dazu zählen private Hausbesitzer, Handwerksbetriebe, Landwirte, Architekten und Stadtwerke. Das Buch ist weniger geeignet für Selbstbauer, die in Eigenregie ein Kleinwindrad entwerfen und konstruieren wollen.

## **Autor**

Beim Experten **Patrick Jüttemann** stehen Kleinwindanlagen täglich auf der Agenda. Als neutraler Fachmann hat er einen engen Draht zu zahlreichen Unternehmen der Kleinwind-Branche, als auch zu Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Jüttemann ist Sprecher der Regionalgruppe West des Bundesverbands Kleinwindanlagen. Der Diplom-Geograph und Diplom-Kaufmann arbeitet seit 15 Jahren im Bereich der Erneuerbaren Energien, darunter für die Energieagentur in NRW.

## **Website**

Der Autor des Buchs ist Betreiber des Kleinwindkraft-Portals mit über 5.000 Newsletter-Abonnenten.

**[www.klein-windkraftanlagen.com](http://www.klein-windkraftanlagen.com)**

*Der Autor hat Texte und grafische Darstellungen mit bestem Gewissen und großer Sorgfalt erstellt. Fehler sind dennoch nicht ganz auszuschließen. Deshalb übernimmt der Autor keinerlei Garantien und Haftungen für die Inhalte in diesem Buch.*

*Dieses Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Autors unzulässig und strafbar. Das gilt auch für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmung und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.*

## **Impressum**

1. Auflage. 29. Oktober 2015

© 2015 Patrick Jüttemann

Patrick Jüttemann

Beueler Str.46 A

53604 Bad Honnef

E-Mail: [mail@klein-windkraftanlagen.com](mailto:mail@klein-windkraftanlagen.com)

Internet: [www.klein-windkraftanlagen.com](http://www.klein-windkraftanlagen.com)

Herstellung und Druck:

Siehe Eindruck auf der letzten Seite

Gestaltung Buchcover: Holger Hartz

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN-10: 1517366194

ISBN-13: 978-1517366193



# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Grundlagen .....	3
2.1	Kleinwindkraft hat Tradition .....	3
2.2	Abgrenzung zu Großwindanlagen .....	4
3	Windenergie und Standortprüfung.....	11
3.1	Windkraft ist Naturgewalt .....	12
3.2	Grundlagen der Windenergie .....	15
3.2.1	Windgeschwindigkeit.....	16
3.2.2	Windrichtung .....	21
3.2.3	Windturbulenzen .....	22
3.2.4	Zeitliche Schwankung .....	23
3.3	Einflussfaktoren für das Windpotenzial.....	25
3.3.1	Klimaregion und Landschaftstyp .....	25
3.3.2	Höhe über dem Boden .....	28
3.3.3	Relief.....	29
3.3.4	Landnutzung .....	33
3.3.5	Hindernisse .....	36
3.3.6	Boden- und Dachmontage .....	38
3.4	Standortprüfung .....	43
3.5	Windmessung .....	47
3.6	Windmessgeräte .....	50
4	Technik und Anwendung.....	59
4.1	Bauformen .....	59
4.1.1	Rotor-Konstruktion .....	59
4.1.2	Vertikale Kleinwindkraftanlagen .....	62



4.1.3	Horizontale Kleinwindkraftanlagen .....	63
4.2	Leistung, Rotorfläche und Ertrag .....	69
4.3	Anlagentechnik .....	79
4.3.1	Rotorgröße und Generatorleistung .....	80
4.3.2	Leistungsregulierung und Sturmsicherung .....	80
4.3.3	Konzepte im Vergleich .....	83
4.4	Test und Zertifizierung .....	85
4.4.1	Testinhalte .....	86
4.4.2	Teststandorte und Betreiber .....	87
4.4.3	Zertifizierung .....	89
4.5	Nutzungsformen.....	94
4.5.1	Netzeinspeisung .....	95
4.5.2	Inselbetrieb .....	98
4.5.3	Heizen.....	98
5	Genehmigung.....	101
5.1	Grundprinzipien.....	101
5.2	Zuständige Behörden.....	102
5.3	Gesetze und Windenergieerlasse .....	103
5.4	Nebenanlage.....	104
5.5	Gebietstypen.....	105
5.6	Verfahrensarten .....	108
5.7	Bauunterlagen.....	112
5.8	Baurechtliche Kriterien .....	113
5.8.1	Schall .....	113
5.8.2	Abstandsflächen .....	117
5.8.3	Natur- und Artenschutz .....	119
5.8.4	Standortsicherheit .....	122

5.8.5	Lichteffekte.....	123
5.8.6	Brand- und Blitzschutz .....	124
5.8.7	Landschaftsbild .....	125
5.9	Genehmigungspraxis .....	127
6	Wirtschaftlichkeit .....	133
6.1	Grundlagen .....	133
6.2	Geschäftsmodelle .....	135
6.3	Strompreis.....	138
6.4	Stromgestehungskosten.....	140
6.5	Kosten der Windanlage .....	142
6.6	Fallbeispiele .....	145
6.6.1	Private Windanlage .....	145
6.6.2	Gewerbliche Windanlage .....	152
6.7	Online-Rechner .....	157
6.8	EEG 2014 .....	159
6.9	Kreditförderung .....	165
6.10	Fazit .....	166
7	Marktlage .....	169
7.1	Weltweit .....	169
7.2	Deutschland .....	176
7.3	USA .....	178
8	Verbraucherschutz .....	183
8.1	Verdächtige Verkaufsargumente .....	184
8.2	Anbieter im Praxis-Check.....	188
8.2.1	Vertikaler H-Rotor .....	188
8.2.2	Mantelturbine .....	189
8.3	Irreführende Presseberichte .....	191

8.3.1	Der Windbaum .....	192
8.3.2	Die Bohrer Spitze .....	193
9	Planung.....	195
9.1	Motive und Ziele.....	195
9.2	Erfolgsfaktoren.....	201
9.3	Typische Fehler .....	203
9.4	Auswahl der Windanlage.....	207
9.4.1	Drei Kernfragen.....	207
9.4.2	Auswahlkriterien.....	209
9.4.3	Auslegung .....	211
9.4.4	Anbieter .....	216
9.5	Informationsquellen.....	221
10	Praxisbeispiele .....	225
10.1	Wohnhaus in Mittelfranken.....	225
10.2	Landwirt in Nordfriesland.....	228
11	Abbildungsverzeichnis.....	233
12	Tabellenverzeichnis.....	237

# 1 Einleitung

Windenergie für das eigene Haus – die Anwendungsbeispiele sind vielfältig: Dazu zählen die zehn Meter hohe Kleinwindkraftanlage für das Einfamilienhaus, die Windturbine eines Landwirts auf einem 30 m hohen Mast, aber auch das Miniwindrad auf einem Hausboot, kaum größer als eine Satellitenschüssel.

Kleinwindkraftanlagen bieten in Mitteleuropa einen unschätzbaren Vorteil: Sie erzeugen genau dann Energie, wenn sich Solaranlagen im Winterschlaf befinden. Die Naturkraft des Windes auf dem eigenen Grundstück zu nutzen, übt auf viele Menschen eine besondere Faszination aus.

Es gibt ausgereifte und markterprobte Technik, die den Kräften eines Sturms standhält und durch hohe Wirkungsgrade gekennzeichnet ist. Auf einem windstarken Grundstück wird man viel Freude mit der kleinen Windturbine haben. Doch aufgrund von Planungsfehlern sind enttäuschte Verbraucher mit Fehlinvestitionen keine Seltenheit. Häufige Ursachen sind die Überschätzung der Windstärke vor Ort und mangelhafte Anlagentechnik.

Verbraucherschutz ist vor dem Hintergrund der aktuellen Marktpraxis in Deutschland besonders wichtig. Neben den seriösen Anbietern mit marktreifer Technik erscheinen regelmäßig Firmen, die Verbraucher mit unrealistischen Angaben in die Irre führen. Als Betreiber eines Fachportals im Internet wird der Autor regelmäßig von Bürgern und Gewerbebetrieben kontaktiert. Dieser Dialog und die damit verbundenen Fragen und Planungsfehler sind eine wichtige Grundlage für das Buch.

Dieser Ratgeber geht auf die entscheidenden Erfolgsfaktoren bei der Planung einer Kleinwindanlage ein. Wer die zahlreichen Praxistipps berücksichtigt, hat einen Kompass für die erfolgreiche Umsetzung eines Miniwindrads zur Hand. Das Fachbuch ist durch ein breites Themenspektrum und Praxisbezug gekennzeichnet.

Die Erklärung von Anlagentechnik alleine reicht nicht. Themen wie Standortprüfung, Wirtschaftlichkeit und Genehmigungsrecht spielen bei der Umsetzung einer Kleinwindkraftanlage eine entscheidende Rolle.

Abbildung 1: Kleinwindkraftanlage mit 5 kW Leistung auf 18 m Mast



## 2 Grundlagen

### 2.1 Kleinwindkraft hat Tradition

Wenn heute in Deutschland über Windkraftanlagen gesprochen wird, dann betrifft das meistens große Anlagen über 100 m Höhe, sowie Windparks. Es gibt mehrere Tausend moderne Kleinwindanlagen in Deutschland, doch aufgrund der geringen Höhe sind sie kaum sichtbar. Bei einer Autofahrt wird man mitunter mehrere Großwindanlagen sehen, an den kleinen Windgeneratoren fährt man vorbei, ohne sie zu bemerken. Die Präsenz der Großwindkraft täuscht darüber hinweg, dass die Geschichte der Windkraftnutzung vorwiegend durch kleine Windräder geprägt ist.

Abbildung 2: Historische Windmühle im Rheinland



Die Anwendung von Kleinwindkraftanlagen ist durch die Nutzung der Windenergie vor Ort für eigene Zwecke gekennzeichnet. Das gilt für die historische Windmühle zum Mahlen von Getreide genauso wie für eine moderne Kleinwindanlage, die Strom für den Eigenbedarf erzeugt. Technisch sind moderne Kleinwindkraftanla-

gen ein Quantensprung, aber das Anwendungsprinzip ist gleich geblieben. Dieser unmittelbare Bezug zwischen Betreiber und Windenergie macht einen Großteil der Faszination von Kleinwindanlagen aus. Bei einem Windpark dagegen, als industriellem Großprojekt, ist das Geschäftsmodell die Einspeisung ins öffentliche Netz und der Verkauf des Stroms an Dritte.

Der Wind wurde von den Menschen schon vor über 2.000 Jahren als saubere und kostenfreie Energiequelle auf dem Land genutzt. Um die Pflege dieser Tradition in Deutschland kümmert sich die Deutsche Gesellschaft für Mühlenkunde und Mühlenerhaltung (DGM). Die DGM konnte über 160 verschiedene Anwendungsgebiete von Wind- und Wassermühlen nachweisen: Neben der Verarbeitung von Getreide wurden die Mühlen auch für das Pumpen, Schleifen und die Papierherstellung eingesetzt. An jedem Pfingstmontag veranstaltet die DGM bundesweit den Deutschen Mühlentag und macht durch die Besichtigung von Wind- und Wassermühlen die Tradition lebendig: [www.muehlen-dgm-ev.de](http://www.muehlen-dgm-ev.de)

Ehemalige Standorte von Windmühlen lassen sich noch heute an Straßen- und Ortsnamen erkennen, wie „Mühlberg“ oder „Mühlenweg“.

## **2.2 Abgrenzung zu Großwindanlagen**

Eine weltweit gültige und eindeutige Definition, für kleine Windkraftanlagen und deren Abgrenzung zu Großwindkraftanlagen, gibt es nicht. Auch in der EU gibt es keine einheitlichen Kriterien, jedes Land legt die Definition von Kleinwindanlagen unterschiedlich aus.

In der Fachliteratur und bei manchen ausländischen Windkraftverbänden kann man mit mittelgroßen Windanlagen (Englisch: medium wind turbines) eine weitere Größenkategorie antreffen. Der britische Verband renewableUK definiert beispielsweise

Windanlagen mit einer Leistung zwischen 50 und 500 Kilowatt (kW) Nennleistung als mittelgroß.

Abbildung 3: Private Kleinwindturbine auf 10 m Mast im Westerwald



In der Praxis werden verschiedene Kriterien zugrunde gelegt, um Kleinwindräder zu definieren:

### **Generatorleistung**

Die Nennleistung des Generators ist neben der Anlagenhöhe das häufigste Kriterium für Größenklassen von Windanlagen. Die international gängigste Definition ist die Leistungsgrenze von 100 kW. Auch der für die weltweite Kleinwind-Branche wichtigste Verband WWEA (World Wind Energy Association) verwendet diese Abgrenzung. Nach dieser Definition sind alle Windanlagen mit einer Nennleistung bis maximal 100 kW den Kleinwindanlagen zuzurechnen.

Die Nennleistung als Abgrenzungskriterium ist problematisch, da die Ertragskraft eines Windrads nur ungenau durch die Leistung bestimmt wird. Leistungsangaben sind zudem oft unvollständig, weil die zugehörige Windgeschwindigkeit fehlt. Für die Ertragskraft einer Windturbine macht es einen großen Unterschied, ob



die Nennleistung schon bei 9 Metern pro Sekunde (m/s) oder erst bei 12 m/s Windgeschwindigkeit erreicht wird.

In Deutschland ist die Leistungsgrenze von 50 kW relevant. Grundlage ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), in dem unter anderem die Einspeisetarife für Strom aus regenerativen Energien festgesetzt werden. Windanlagen mit einer Leistung bis 50 kW bekommen 20 Jahre lang als Einspeisetarif die höhere Anfangsvergütung. Im Oktober 2015 sind das 8,5 Cent pro Kilowattstunde (kWh). Der Einspeisetarif für Windräder über 50 kW Leistung wird dagegen nach einigen Jahren auf die niedrigere Grundvergütung von ca. 5 Cent pro kWh sinken.

Das im August 2014 angepasste EEG schreibt zudem vor, dass ab dem Jahr 2016 nur noch für Windkraftanlagen mit einer Leistung unter 100 kW Leistung die staatlich festgelegte Einspeisevergütung gezahlt wird. Betreiber von Windanlagen über 100 kW müssen den Strom selbst vermarkten.

### **Anlagenhöhe**

Die Höhe der Windanlage ist vor allem im Genehmigungsrecht von Bedeutung. Die Höhe bezieht sich in der Regel auf die Gesamthöhe der Windanlage am Punkt der höchsten Flügelspitze.

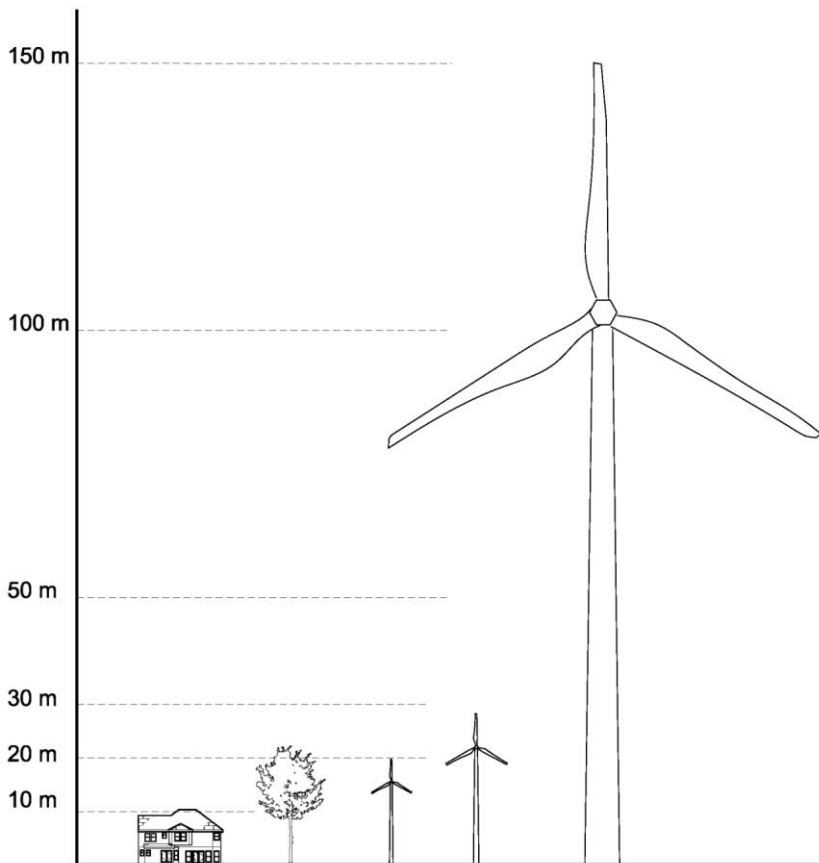
Kleinwindkraftanlagen haben auf Basis des Genehmigungsrechts eine Höhe unter 50 m. Sie sind nicht raumbedeutsam: Aufgrund der geringen Höhe sind ihre Einflüsse auf die Umgebung, wie Schall, Schattenwurf oder visuelle Präsenz, gering. Die Genehmigung von Kleinwindkraftanlagen basiert deshalb nicht auf dem Bundes-Immissionsschutzgesetz, wie es für große Windanlagen über 50 m Höhe gilt. Der gesetzliche Rahmen für Kleinwindanlagen wird stattdessen durch die Bauordnungen der einzelnen Bundesländer bestimmt. In manchen Bundesländern können sehr kleine Windanlagen bis 10 m Höhe ohne Genehmigung errichtet werden. Je nach Landesbauordnung werden Windanlagen ab 30 m Höhe als Sonderbau eingestuft, was zusätzliche Prüfungen

im Rahmen der Baugenehmigung nach sich ziehen kann.

In der Praxis haben die meisten Kleinwindanlagen in Deutschland eine Gesamthöhe unter 30 m. Bei im Jahr 2014 neu installierten Großwindanlagen lag die Gesamthöhe durchschnittlich bei 165 m.

In der folgenden Grafik werden die Größenunterschiede deutlich: Zwei Kleinwindkraftanlage mit 20 und 30 m Gesamthöhe im Vergleich zu einer Multimegawatt-Windanlage mit 150 m.

Abbildung 4: Größenunterschiede Kleinwind- und Großwindanlagen



## **Rotorfläche**

Die Rotorfläche umfasst die Kreisfläche des drehenden Rotors, die sogenannte umstrichene Rotorfläche. Die Rotorfläche ist ein weitaus besserer Indikator für die Leistungsfähigkeit eines Windrads als die Nennleistung, denn der Jahresertrag einer Windturbinen hängt vor allem von der Windangriffsfläche des Rotors ab.

Die Rotorfläche ist zudem ein entscheidender Faktor für die auf die Anlage wirkende Belastung und die Standsicherheit. In den Richtlinien des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) für die Nachweise der Standsicherheit des Turmes und der Gründung von Windenergieanlagen, gelten besondere Bestimmungen für kleine Anlagen. An Windenergieanlagen mit einer Rotorfläche kleiner als  $200 \text{ m}^2$  werden leichtere Anforderungen gestellt. Die Prüfung der Standsicherheit von Kleinwindkraftanlagen orientiert sich an der europäischen Norm DIN EN 61400-2. Eine Rotorfläche von  $200 \text{ m}^2$  entspricht etwa einem Rotordurchmesser von 16 m.

Der Vergleich mit Großwindkraftanlagen ist aufschlussreich, da die geringen Maße von Kleinwindkraftanlagen deutlich werden: Der Rotordurchmesser einer im Jahr 2014 installierten Großwindanlage betrug durchschnittlich rund 100 m, was einer Rotorfläche von  $7.854 \text{ m}^2$  entspricht.

## **Energienutzung und Geschäftsmodell**

Neben den Größendimensionen ist vor allem die Verwendung der erzeugten Energie ein entscheidender Unterschied zwischen kleinen und großen Windkraftanlagen. Großwindkraftanlagen und Windparks erzeugen Strom, um diesen weiterzuverkaufen. Geschäftsmodell ist der Verkauf des Stroms an Dritte. Der Preis für den Stromverkauf orientiert sich entweder an einem gesetzlich festgelegten Einspeisetarif oder wird mit dem Stromkäufer ausgehandelt.

Kleinwindkraftanlagen dagegen sind Eigenverbrauchsanlagen.

Der Strom wird durch den Windanlagenbetreiber größtenteils selbst genutzt. Eine Einspeisung des Stroms ist vor dem Hintergrund der niedrigen Einspeisetarife in Deutschland, Österreich und der Schweiz nicht wirtschaftlich. Beim Selbstverbrauch spart man Stromkosten in Höhe des Strompreises.

### **Standort und Abstand zum Siedlungsbereich**

Bei Großwindanlagen führen Anlagenhöhe und Rotormaße zu weiträumigen Schall- und Schattenemissionen. Deshalb dürfen große Windturbinen nur auf Konzentrationszonen aufgestellt werden, die möglichst fernab des Siedlungsbereichs liegen. Eine Kleinwindanlage dagegen muss neben den Verbraucher gestellt werden, weil dieser nur dann den Strom selbst konsumieren kann. Im Sinne des Baurechts sind Kleinwindkraftanlagen in der Regel Nebenanlagen. Eine Nebenanlage ist ein untergeordneter Bestandteil der Hauptanlage. Das Kleinwindrad (Nebenanlage) versorgt ein Gebäude (Hauptanlage).

Tabelle 1: Kriterien für Kleinwindanlagen in Deutschland

<b>Leistung</b>	geringer als 50 kW
<b>Anlagenhöhe</b>	kleiner als 50 m
<b>Rotorfläche</b>	kleiner als 200 m <sup>2</sup>
<b>Rotordurchmessers</b>	kleiner als 16 m
<b>Geschäftsmodell</b>	Eigenverbrauch des Stroms
<b>Standort</b>	in der Nähe des Stromverbrauchers

### **Anwendungspraxis in Deutschland**

Kleinwindanlagen werden direkt neben dem Betreiber aufgestellt, um diesem Windstrom für den Eigenbedarf zu verschaffen. Durch den Eigenverbrauch des Stroms spart der Betreiber Kosten in Höhe seines Strompreises. Eine Einspeisung ins öffentliche Netz und Vergütung des Stroms findet nicht oder nur geringfügig statt. Grund ist der niedrige Einspeisetarif von unter 9 Cent pro kWh.

In der Praxis haben die meisten Kleinwindräder eine Gesamthöhe bis 30 m und eine Nennleistung bis 30 kW. Aufgrund der geringen Maße von Turm und Rotor sind Konflikte durch Schall und Schattenwurf als auch eine weite Sichtbarkeit in der Landschaft kein Problem.