

# Technische Richtlinien für Windenergieanlagen

**Bestimmung von  
Windpotenzial und  
Energieerträgen**

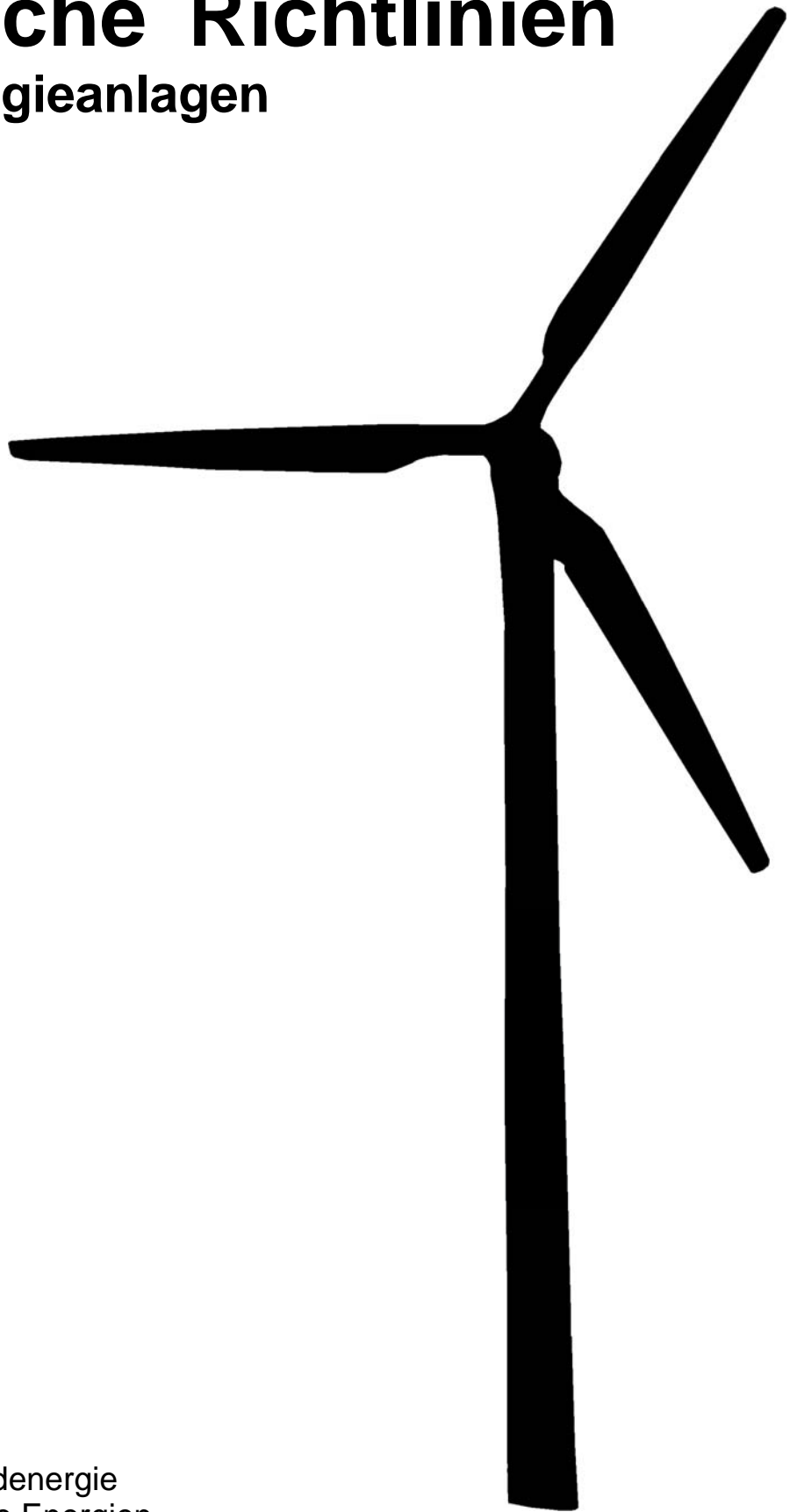
**Revision 7**

**Stand 10.09.2007**



**Herausgeber:**  
FGW e.V.  
Fördergesellschaft Windenergie  
und andere Erneuerbare Energien

Nachdruck, Vervielfältigung o. ä. nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.  
Die Weitergabe ist nicht erlaubt



# **Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen**

**Revision 7  
Stand 10.09.2007**

## **Koordination**

FGW e.V -

Fördergesellschaft Windenergie  
und andere Erneuerbare Energien

Stresemannplatz 4

24103 Kiel

Tel.: (0431) 66877-64

Fax.: (0431) 66877-65

[info@wind-fgw.de](mailto:info@wind-fgw.de)

[www.wind-fgw.de](http://www.wind-fgw.de)

## **Mitwirkung**

Fachausschuss Windpotenzial und Energieertrag der FGW

Windgutachterbeirat des Bundesverbandes Windenergie

Nachdruck, Vervielfältigung o. ä. nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Die Weitergabe ist nicht erlaubt

Verband der Netzbetreiber – VDN – e.V. beim VDEW

## **Vorwort**

Die Erarbeitung der Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen begann mit dem Ziel, Mess- und Prüfverfahren anzugeben, mit denen verlässliche und vergleichbare Daten über Windenergieanlagen (WEA) nach dem neuesten Stand der Technik ermittelt werden können.

Die vorliegende Richtlinie beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung des Windpotenzials und der Energieerträge an WEA-Standorten. Die Bestimmung von Energieerträgen an einem WEA-Standort entsprechend dieser Technischen Richtlinie dient auch dem nach dem Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) in Deutschland zu führenden Nachweis, ob am WEA-Standort mindestens 60% des Referenzertrages (Konkretisierung siehe Anhang A) erzielt werden können.

Über die Ermittlung des Windpotenzials und der Energieerträge ist ein Bericht, dessen wesentliche Ergebnisse nach den in dieser Richtlinie angegebenen Verfahren ermittelt werden, anzufertigen.

## Inhalt

1	ALLGEMEINES.....	4
1.1	ANWENDUNGSBEREICH.....	4
1.2	NORMATIVE VERWEISUNGEN.....	4
1.3	BEGRIFFE / DEFINITIONEN.....	4
1.4	SYMBOLS UND EINHEITEN.....	6
1.5	ABKÜRZUNGEN.....	6
2	BESTIMMUNG VON WINDPOTENZIAL UND ENERGIEERTRAG.....	7
2.1	ANFORDERUNGEN AN (KURZZEIT)WINDDATEN.....	8
2.1.1	Anforderungen an Windmessungen.....	8
2.1.2	Anforderung an Daten von Vergleichs-WEA.....	9
2.1.3	Anforderung an Daten von Vergleichswindmessungen.....	10
2.2	ANFORDERUNGEN AN VERFAHREN ZUR LANGZEITEINORDNUNG.....	10
2.2.1	Meteorologische Kurzzeitdaten.....	11
2.2.2	Langzeitdaten / Bezugsdaten.....	11
2.2.3	Bezugszeitraum.....	11
2.2.4	Zusammenhang zwischen Kurzzeitdaten und Langzeitdaten / Korrelation.....	11
2.2.5	Unsicherheiten des Langzeitbezuges.....	12
2.2.6	Dokumentation.....	12
2.3	MODELLIERUNG WINDFELD (FREIE STRÖMUNG).....	12
2.4	MODELLIERUNG PARKWIRKUNGSGRAD.....	12
2.5	ENERGIEERTRAGSBERECHNUNG.....	13
2.6	UNSICHERHEITSANALYSE.....	13
3	FORMAT DER BERICHTE.....	15
3.1	DER BERICHT HAT NACHFOLGENDE ANGABEN ZU ENTHALTEN:.....	15
3.2	DER BERICHT FÜR DIE BESTIMMUNG VON WINDPOTENZIAL UND ENERGIEERTRÄGEN IST ZUSÄTZLICH ZU KAPITEL 3.1 MIT NACHFOLGENDEN MINDESTANGABEN AUSZUFÜHREN:.....	15
3.3	DER BERICHT FÜR DIE WINDMESSUNG IST ZUSÄTZLICH ZU KAPITEL 3.1 IN ANLEHNUNG AN ANHANG B MIT NACHFOLGENDEN MINDESTANGABEN AUSZUFÜHREN:.....	16
3.4	BEI VERWENDUNG VON WINDMESSUNGEN SIND ZUSÄTZLICH ZU KAPITEL 3.2 UND 3.3 NACHFOLGENDE MINDESTANGABEN AUSZUFÜHREN:.....	16
3.5	BEI VERWENDUNG VON BETRIEBSDATEN VON VERGLEICHS-WEA SIND ZUSÄTZLICH ZU KAPITEL 3.2 NACHFOLGENDE MINDESTANGABEN AUSZUFÜHREN:.....	17
3.6	BEI VERWENDUNG VON VERGLEICHSWINDMESSUNGEN SIND ZUSÄTZLICH ZU DEN KAPITELN 3.2, 3.3 UND 3.4 NACHFOLGENDE MINDESTANGABEN AUSZUFÜHREN:.....	17

4	LITERATURVERZEICHNIS .....	18
	ANHANG A 60%-REFERENZERTRAG-NACHWEIS GEMÄß ERNEUERBARE- ENERGIEN-GESETZ (EEG) .....	19
	ANHANG B DOKUMENTATION VON WINDMESSUNGEN .....	23

# 1 Allgemeines

## 1.1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Richtlinie beschreibt ein Prüfverfahren zur Bestimmung des Windpotenzials und der Energieerträge an WEA-Standorten. Die Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen an einem WEA-Standort ist nach dem Stand der Technik vorzunehmen. Zusätzliche Qualitätskriterien werden im Folgenden definiert.

Die Anwendung der beschriebenen Methoden für die Führung des 60%-Nachweises nach dem Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) ist im Anhang A beschrieben.

## 1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieser Richtlinie sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Richtlinie waren die angegebenen Ausgaben gültig:

IEC 61400-12-1: 2005  Deutsche Norm: DIN IEC 61400-12-1 (Entwurf Mai 2006)	Wind turbines - Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines  Windenergieanlagen - Teil 12-1: Messung des Leistungsverhaltens einer Windenergieanlage
ISO 2533:1997	Normatmosphäre
VDI 3786 Blatt 2 : 2000	Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhaltung Wind
ISO information publication 1995 ISBN 92-67-10188-9	Guide to the expression of uncertainty in measurement

## 1.3 Begriffe / Definitionen

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten folgende Begriffe:

1. **Energieertrag:** Mittlere, innerhalb eines Jahres (8760 h) zu erwartende Energieerzeugung einer Windenergieanlage (WEA) an einem Einzelstandort oder an einem Standort im Windpark, die sich auf Grundlage des in Nabenhöhe ermittelten Windpotenzials mit einer spezifischen Leistungskurve und 100% Verfügbarkeit ohne jegliche Abschläge ergibt.
2. **Freie Anströmung:** Anströmung einer WEA an einem Standort, ohne Berücksichtigung der Abschattung durch benachbarte WEA.

3. **Leistungskurve:** Der für jeden WEA-Typ ermittelte Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Leistungsabgabe unabhängig von der Nabenhöhe (EEG, Anlage)
4. **Nabenhöhe<sup>1</sup>:** Höhe der Rotormitte über Geländeoberfläche (EN 61400-12-1:2005).
5. **Nennleistung<sup>2</sup>:** Eine im Allgemeinen von einem Hersteller für eine Komponente, eine Einrichtung oder ein Betriebsmittel für eine festgelegte Betriebsbedingung zugeordnete Leistungsgröße (EN 61400-12-1:2005)
6. **Referenzertrag:** Die für jeden WEA-Typ einschließlich der jeweiligen Nabenhöhe bestimmte Strommenge, die dieser Typ bei Errichtung an einem Referenzstandort rechnerisch auf Basis einer vermessenen Leistungskurve in fünf Betriebsjahren erbringen würde (EEG, Anlage).
7. **Referenzstandort:** Ein Standort, der bestimmt wird durch eine Rayleigh-Verteilung mit einer mittleren Jahreswindgeschwindigkeit von 5,5 Metern je Sekunde in einer Höhe von 30 Metern über Grund, einem logarithmischen Höhenprofil und einer Rauigkeitslänge von 0,1 Metern (EEG, Anlage).
8. **Typ einer Windenergieanlage (WEA-Typ):** Bestimmt durch die Typenbezeichnung, die Rotorkreisfläche, die Nennleistung und die Nabenhöhe gemäß den Angaben des Herstellers (EEG, Anlage)
9. **Vergleichs-WEA:** Vorhandene WEA, deren Betriebsergebnisse als Winddaten für die Energieertragsbestimmung genutzt wird.
10. **Verfügbarkeit:** Verhältniszahl aus Gesamtstundenzahl einer Zeitspanne abzüglich der Stundenzahl, in der die WEA wegen Wartung oder Störung nicht betrieben wurde, und Gesamtstunden der Zeitspanne, ausgedrückt in Prozent (EN 61400-12-1:2005).
11. **Windpotenzial:** Windverhältnisse an einem Standort, die bezogen auf eine Höhe ü.G. durch mittlere jährliche Windfeldparameter (Windgeschwindigkeit, Windleistungsdichte, Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit) angegeben werden.

---

<sup>1</sup> Bei einer WEA mit vertikaler Achse ist die Nabenhöhe die Höhe der Äquatorebene.

<sup>2</sup> (WEA) Höchste elektrische Dauer-Leistungsabgabe, für die eine WEA unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen ausgelegt ist.

## 1.4 Symbole und Einheiten

A	Rotorkreisfläche einer WEA	m <sup>2</sup>
C <sub>P</sub>	Leistungsbeiwert	
D	Rotordurchmesser	m
dE <sub>frei</sub>	Absolute Standardunsicherheit des Energieertrags E <sub>frei</sub>	kWh
E	Energieertrag	kWh
E <sub>frei</sub>	Energieertrag, der für die WEA am Standort bestimmt wurde (freie Anströmung)	kWh
h <sub>N</sub>	Nabenhöhe der WEA	m
P	Leistung einer WEA	kW
R	Referenzertrag	kWh
ρ	Standardluftdichte	kg/m <sup>3</sup>
U <sub>Efrei</sub>	Relative Unsicherheit des ermittelten Energieertrages E <sub>frei</sub> (Verhältnis von absoluter Standardunsicherheit zu Energieertrag)	%
V	Windgeschwindigkeit	m/s
VER	Verhältnis zwischen Energieertrag am WEA-Standort (E <sub>frei</sub> ) und Referenzertrag (R)	%

## 1.5 Abkürzungen

BWE	Bundesverband Windenergie e.V.
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DKD	Deutscher Kalibrierdienst
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
FGW	Fördergesellschaft Windenergie e.V.
IEA	International Energy Agency
IEC	International Energy Committee
MEASNET	Measuring Institutes Network of European Test Stations
TR	Technische Richtlinie
ü.G.	über Grund
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WEA	Windenergieanlage

Nachdruck, Vervielfältigung o. ä. nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Die Weitergabe ist nicht erlaubt