



## Empfehlungen für Kleinwindkraftanlagen (KWKA)



Bilder: AEE NÖ-Wien

## Inhalt:

Allgemein .....	3
Bauarten .....	3
Befestigung .....	3
Blitzschutz.....	3
Lärm.....	4
Schattenwurf.....	4
Kosten.....	5
Wirtschaftlichkeit.....	5
Anlagengenehmigung.....	6
Effizienz .....	6
Aufstellungsort.....	6
Ökologie.....	9
Vorgehensweise bei der Errichtung von KWKA.....	10
Was muss der Hersteller liefern .....	11
Leistungs- und Drehzahlregelung .....	11

Im Folgenden finden Sie Informationen über die Errichtung von Kleinwindkraftanlagen.

Angaben ohne Gewähr. Die AEE übernimmt keine Haftung für die Angaben. Stand 1/2010

## Allgemein

- Die Windenergieanlage (WEA) soll sich visuell in das Ortsbild einfügen
- WEA sollten den gültigen Normen und Richtlinien hinsichtlich Qualität und Sicherheit entsprechen (z.B. IEC 61400)
- Schon bei der Planung muss die Akzeptanz der Anlage unter den Nachbarn geprüft werden
- Kabelführung zwischen WEA und Energieverteilung muss berücksichtigt werden
- Platz für Gleich- und Wechselrichter, Monitoring, Batterien, etc. vorsehen

## Bauarten

### Horizontalachsenwindturbine (HAWT)

- Windrichtungsänderungen und Turbulenzen mindern den Ertrag aufgrund von Neuausrichtung in die Windrichtung
- Muss in Windrichtung ausgerichtet sein: Windfahne („tail“) oder motorisch („jawning“)
- Beste Bedingungen: wenig Turbulenz, offene Anströmung, wenig Hindernisse



### Vertikalachsenwindturbine (VAWT)

- Weniger anfällig auf Windrichtungsänderungen
- Im Allgemeinen geringerer Leistungsbeiwert als HAWT



## Befestigung

### Fundament

- Wasserabfluss vom Fundament, damit Mast (-Befestigung) nicht korrodieren kann
- Blitzschutz
- Bei einer VAWT kommt es zu einer gleichmäßigen Lastverteilung im Vergleich zu einer HAWT

### Dach

- Platz für Wartung (umlegen der Anlage) und Fußweg berücksichtigen
- Kältebrücken und Wasserdichtheit berücksichtigen
- Der Turbinentyp muss den Anforderungen an das Dach und dem Gebäudenutzen (Büro, Whg.) in Bezug auf Vibration entsprechen;
- entsprechend der zu erwartenden Schwingungsfrequenzen, muss die Schallisolierung gewählt werden

## Blitzschutz

- Verbindung des Mastes mit dem vorhandenen Erdungssystem, über Erdspeitz oder Matte
- Mast-Erde- Verbindung: <10 Ohm
- Der Erdungswiderstand am Mast soll geringer als jener des Gebäudes sein

## Lärm

- 45dB(A) max. an Fassade
- Hintergrundgeräusch in ruhiger, ländlicher Umgebung 25dB(A) bei mäßiger Windgeschwindigkeit; bei 5,4m/s 42dB(A) (Quietrevolution)
- Bei höherer Windgeschwindigkeit nimmt das Hintergrundgeräusch mehr zu als die Lärmemission der WEA (Quietrevolution)
- Eine Verdoppelung des Abstandes verringert die Lautstärke um 6dB(A)
- Die VAWT qr5 6kW verursacht keine Lärmbelästigung bei einer Entfernung von 35m → 45dB(A) an Fassade, bei 10m/s in 12m Höhe
- Frequenzband der Lärmquelle ist von Bedeutung
- Starke Windturbulenzen (z.B. am Dach) verursachen mehr Lärm- bei Dachaufstellung die WEA in turbulenzfreien Raum platzieren
- Bei Errichtung einer WEA an einem ohnehin lauten Ort ist mit nur geringer (wenn überhaupt) Lärmbelästigung durch die Turbine zu rechnen
- Durch eine Strömungsgleichrichtung werden Turbulenzen und somit die Lärmemission reduziert
- Die Entfernung der WEA zu Nachbarn / Nachbargebäude sollte mind. 50m betragen; im Idealfall 75m – 100m.

## Schattenwurf

- 30 h Schattenwurf pro Jahr sind erträglich (Empfehlung einer deutschen Studie) Die 30 h beziehen sich auf die folgenden Zeiten: die Sonne scheint, die WEA dreht sich, das betreffende Gebäude ist besetzt, die Betroffenen sind wach, keine Vorhänge (unterschiedliche Zeiten je nach Gebäudetyp), der Sonnenstand ändert sich und damit auch der Betrachtungswinkel

## Kosten

- Investitionskosten
  - Neben den Anlagenkosten können noch weitere Kosten entstehen: Sicherheitsmaßnahmen, Monitoring, Verstärkung/Verstrebung für Befestigung, Transport und Aufstellung, Kommissionierung, erforderliche Gutachten wie z.B. Lärm, Potenzialanalyse im Zuge der Erhebung, Statik, etc., Projektmanagement, Bewilligungsdokumente
  - 2.400 bis 6.000 €/kW (große WEA 1.000 €/kW, PV 5.000 €/kW)
  - Erträge bezogen auf die Rotorfläche: 40 bis 200 kWh/m<sup>2</sup>/a (große WEA 800 bis 1.200 kWh/m<sup>2</sup>/a)
  - Im Vergleich zu einem netzgekoppelten System kostet der Inselbetrieb um ca. 25% mehr.
- Periodische Kosten
  - Wartungs- und Erhaltungskosten, Versicherungskosten, Ersatzteile

## Wirtschaftlichkeit

- Wirtschaftlichkeitsberechnungen müssen die folgenden Kostengruppen berücksichtigen: Turbinenkosten, Gleich- und Wechselrichter, Fundament, Mast, Verteilung/Netzanbindung
- Die Energieerträge von Anlagen im ländlichen Raum sind um bis zum Faktor 4 größer als im städtischen.

## Anlagengenehmigung

3 Bereiche sind relevant:

- Baurecht
- Elektrizitätsrecht
- Umweltrecht

Je nach Bundesland, Gemeinde und Energieversorger gibt es somit verschiedene Bedingungen für die Errichtung.

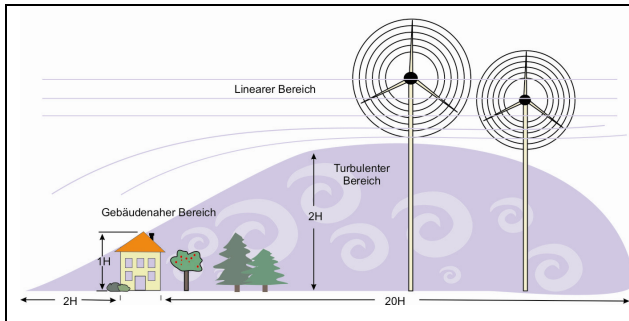
## Effizienz

- Ein geneigtes Dach in Hauptwindrichtung hat positiven Einfluss auf den Energieertrag im Falle einer Dachaufstellung
- Die Anlage soll auf dem höchsten Gebäude des betreffenden Standortes platziert werden

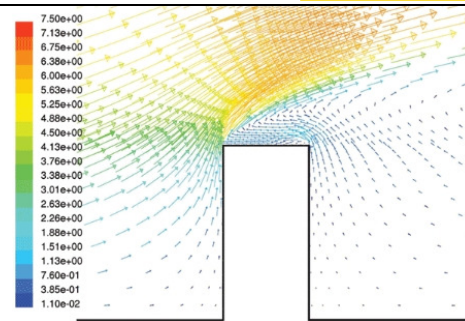
## Aufstellungsort

- Vorzugsweise werden WEA auf hohen Gebäuden mit Flachdach aufgestellt
- Die WEA muss auf den Standort angepasst sein: Windverhältnisse, Topographie, Gebäudeart
- Verschiedene WEA an einem Standort ermöglichen geringe Ausfälle und konstanteren Betrieb
- Der Standort muss in Bezug auf Ortsbild, Schattenwurf und Lärm geprüft werden
- Je höher die WEA positioniert wird desto höher der Ertrag
- Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit soll mindestens 5,5m/s betragen
- Der Mast oder das Gebäude sollte mindestens 50% höher als umgebende Objekte sein
- Im Fall eines Flachdaches soll die WEA in der Dachmitte, in entsprechender Höhe platziert werden, zumindest 30% der Gebäudehöhe; dort herrscht die größte Windgeschwindigkeit und die niedrigste Turbulenz
- Die WEA soll an der Gebäudeseite der Hauptwindrichtung platziert werden
- Das Gebäude sollte eine geneigte Fläche in der Hauptwindrichtung haben
- Das Gebäude muss den statischen und dynamischen Kräften der WEA Stand halten
- Verschiedene Turbinentypen an einem Standort ermöglichen einen gleichmäßigen Energieertrag
- Bei Montage auf einem Giebeldach, soll die Turbine mind. die Halbe Dachhöhe über dem First platziert werden.
- Bei Montage auf einem Flachdach soll die WEA die folgende Höhe über dem Dach aufweisen:  $0,28 \min(W_B^{7/9} \times H_B^{2/9}, W_B^{5/9} \times H_B^{4/9})$ .  $W_B$  ist das Maximum aus der Gebäudeweite und Gebäudetiefe.
- Im Allgemeinen soll die WEA über die umgebenden Hindernisse (Gebäude, Bäume) hinausragen.
- Die WEA soll idealerweise in Hauptwindrichtung ein ungestörtes Strömungsfeld haben.
- Bewaldete Gebiet sollten vermieden werden.
- Im Fall von Bewaldung, soll die WEA vor der Bewaldung in Hauptwindrichtung aufgestellt werden.
- Bei Platzierung im offenen Terrain erzielen Anlagen die höchsten Erträge; die Masthöhe ist in solchen Gegenden von geringerer Bedeutung.

Die folgenden Illustrationen verbildlichen den geeigneten Aufstellungsort der WEA und weisen auf den jeweiligen Einfluss verschiedener Objekte hin. Der Pfeil zeigt die Hauptwindrichtung an.

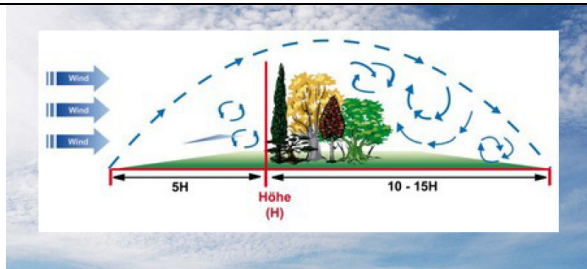


Quelle: AEE

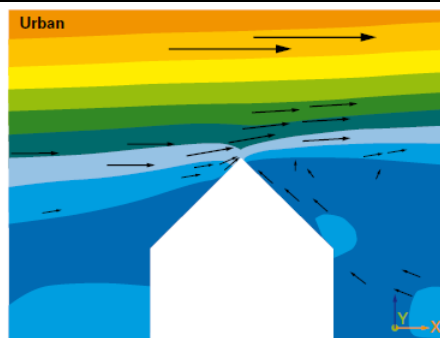


Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (m/s)

Quelle: [www.ingreenious.nl](http://www.ingreenious.nl)



Quelle: Kai-Uwe Broeck, KWKA im städtischen Bereich



Quelle: Small Scale Wind Energy- Policy Insights and practical Guidance, Carbon Trust, 2008

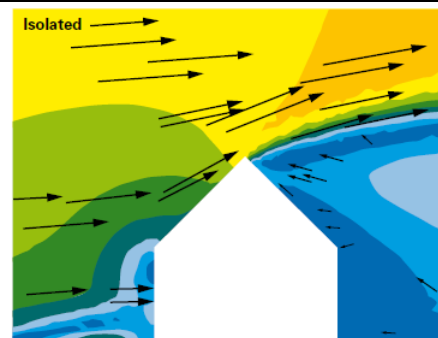


Abbildung 1: Einflüsse von Objekten auf die Windströmung

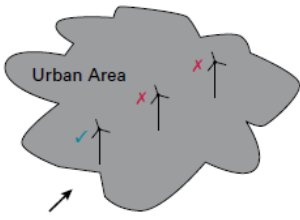
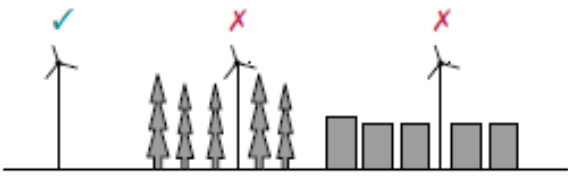
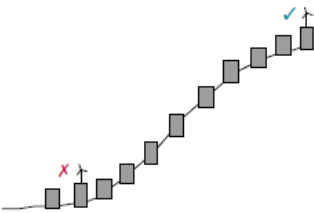
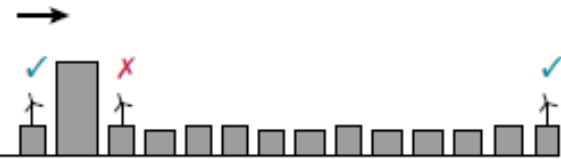
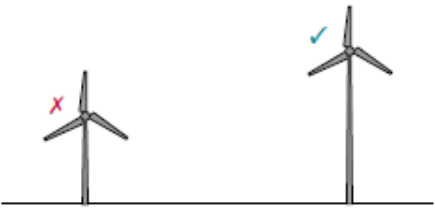
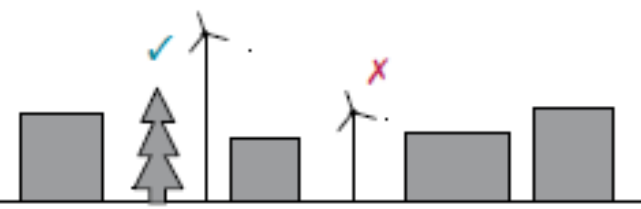
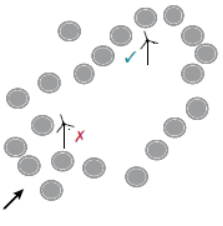
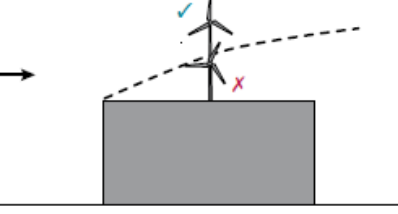
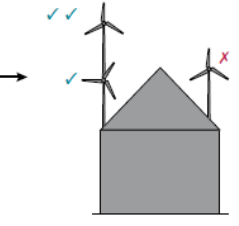
	<p>Die Windenergieanlage (WEA) soll am Rand von bebauten Gebieten oder Wäldern aufgestellt werden. Die beste Platzierung ist an der Seite der Hauptwindrichtung.</p>
	<p>Der bevorzugte Standort der WEA ist im ländlichen, unbebauten und nicht bewaldeten Gebiet.</p>
	<p>WEA sollen am Hochpunkt von sanften Hügeln platziert werden. Schnell ändernde Gradienten führen zu Strömungsabriss und Verwirbelungen, und sollen daher vermieden werden.</p>
	<p>Im Fall von Hindernissen welche die Turbine überragen, muss ein Abstand von mindestens 20 mal der Hindernishöhe eingehalten werden. Anderenfalls muss die Turbine in einer Höhe von mindesten 2 mal der Hindernishöhe montiert werden. In Ausnahmefällen kann die WEA auch in Hauptwindrichtung vor dem Hindernis errichtet werden.</p>

Abbildung 2: Optimale Platzierung

	<p>Die Turbine soll so hoch wie möglich angebracht werden.</p>
	<p>Die WEA soll die umgebenden Hindernisse weit überragen. Je nach Abstand zum Hindernis bis zu 2 mal die Hindernishöhe.</p>
	<p>Sollte es nicht möglich sein, dass die Turbine die umgebenden Hindernisse überragt, soll zumindest ein freies Anströmfeld in Hauptwindrichtung vorhanden sein.</p>
	<p>Bei Aufstellung auf einem Flachdach, muss die Turbine über dem Turbulenzfeld angebracht werden.</p>
	<p>Bei Montage auf einem Satteldach muss die Turbine entweder</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mind. die Halbe Dachhöhe über dem First sein</li> <li>oder</li> <li>- in Hauptwindrichtung vor dem Dach montiert werden.</li> </ul>

**Abbildung 3: Optimierungsmöglichkeiten**

Quelle: Small Scale Wind Energy- Technical Report, MET Office, 2008

## Ökologie

KWKA reduzieren die Emission von Treibhausgasen bei der Stromproduktion. Sie können zur dezentralen Stromerzeugung beitragen, was lange Transportwege vermeidet und die Leitungsnetze entlastet. Dies kann vor allem in Gegenden mit schwacher Leitungsinfrastruktur ein Thema sein.

# Vorgehensweise bei der Errichtung von KWKA

## Visuelle Standortbewertung

- Höhenlage
- Umgebende Hindernisse
- Hauptwindrichtung
- Platzierung in Bezug auf Hauptwindrichtung
- Windstärke und Häufigkeit von Windrichtungsänderungen
- Vermeidung von turbulenten Zonen
- Frei stehend oder Dachmontage

## Turbinenwahl

- Schwach-/Starkwindturbine
- Installationsvoraussetzung: Mechanische Belastungen, Netz- oder Inselbetrieb
- Maximierung der Masthöhe
- Zertifizierung
- Leistungskurve
- Lärmgutachten
- Nennleistung (abhängig von Bauordnung, Eigenstrombedarf, Einspeisetarif)

## Bestimmung der vorherrschenden Windgeschwindigkeiten

- Messung
- Vorhandenen Daten (Meteorologie)

## Ermittlung des Energieertrages der Turbine

- Berechnung mittels Leistungskurve und Windverteilung
- Aufgrund von Stillstandszeiten (Wartung, Windspitzen) und Verlusten können vom berechneten Ergebnis 5-15% abgezogen werden.

## Wirtschaftliche Betrachtungen

- Ertragsberechnung
- Amortisationsberechnung

## Sonstiges

- Genehmigung
- Statische Berechnungen (Mast, Dach)
- Vorkehrungen bei Insel- bzw. Netzbetrieb

## Was muss der Hersteller liefern

- Gutachten / Zertifizierung
- Referenzanlagen
- Messdaten
- Ertragsprognose
- Leistungskurve
- Garantieleistungen
- Statikanforderungen
- Hilfestellung bei Abwicklung der Anlagengenehmigung

## Leistungs- und Drehzahlregelung

Die nachfolgende Tabelle gibt Empfehlungen für die Leistungsregelung der Turbine in Bezug auf die mittlere Windgeschwindigkeit und Maximalgeschwindigkeit am Aufstellungsort.

Leistungsregelungs-Technologie	Mittlere Windgeschwindigkeit	Maximale Windgeschwindigkeit
keine (Stall)	4 bis 5 m/s	20 m/s
verdrehen / neigen	6 bis 7 m/s	30 – 35 m/s
Leistungsbegrenzung durch Verdrehung der Rotorblätter (Pitch)	Bis zu 11 m/s	60 m/s