

## Workshop 'Wirtschaftlichkeit'



Hans Winkelmeier, Energiewerkstatt

**01** Energieerträge

**03** Kosten

**04** Wirtschaftlichkeit



# Windverhältnisse

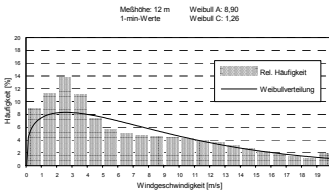
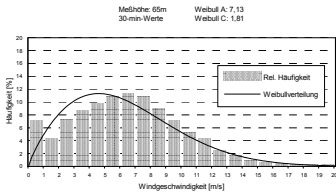
## Mittelwert vs. Windverteilung

### Marchfeld

Seehöhe der Windmessung 150 m  
 Mittlere Windgeschwindigkeit ( $V_{med}$ ) **6,3 m/s**  
 Mittlere Leistungsdichte ( $P_{med}$ ) **308 W/m<sup>2</sup>**  
 Spezifische Energie **2.700 kWh/m<sup>2</sup>\*a**

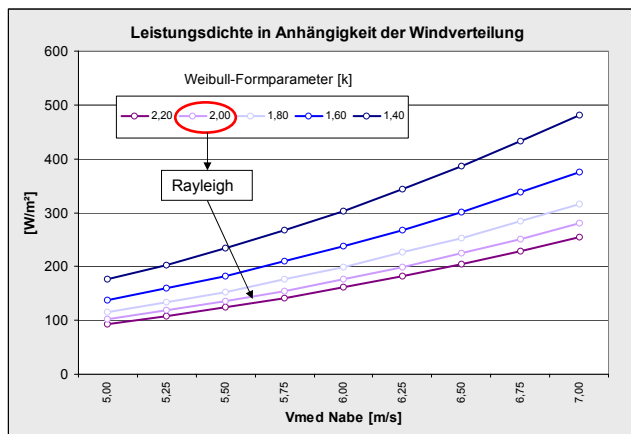
### Alpiner Standort

Seehöhe der Windmessung 930 m  
 Mittlere Windgeschwindigkeit ( $V_{med}$ ) **6,2 m/s**  
 Mittlere Leistungsdichte ( $P_{med}$ ) **476 W/m<sup>2</sup>**  
 Spezifische Energie **4.167 kWh/m<sup>2</sup>\*a**

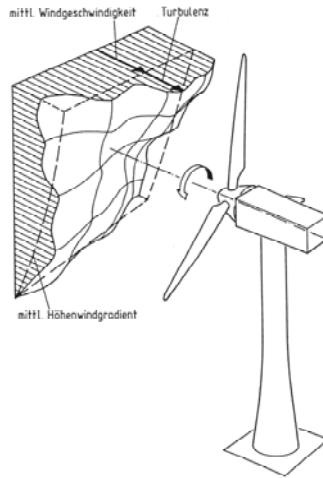


**➔ Berechnung der Energieerträge basiert auf Häufigkeitsverteilungen und nicht auf Mittelwerten!**

## Einfluss der Häufigkeitsverteilung auf das Energieangebot

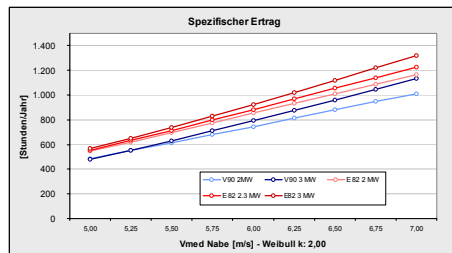
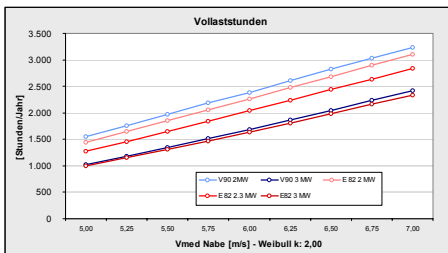


## Leistung (kW) vs. Erntefläche (m<sup>2</sup>)

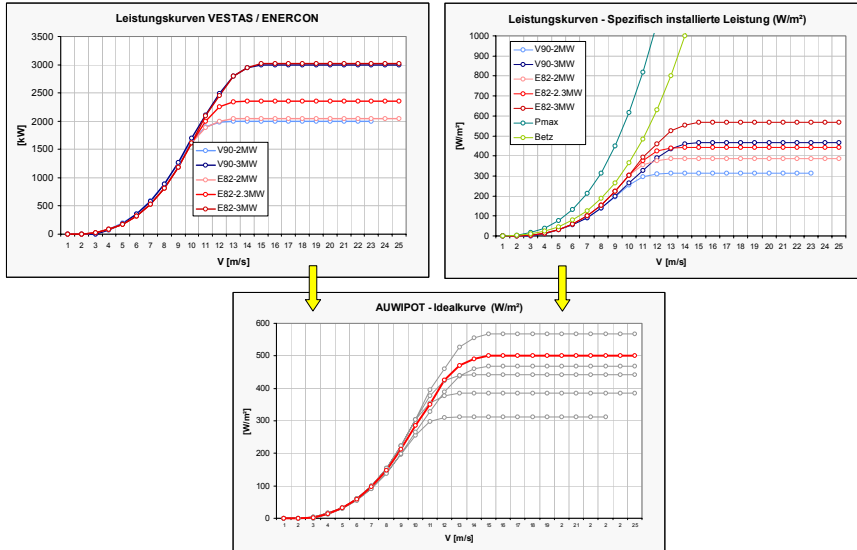


## Volllaststunden (kW) vs. Spezifischer Ertrag (m<sup>2</sup>)

Vmed-nabe m/s	V90 2MW MWh/Jahr	V90 3 MW MWh/Jahr	E 82 2 MW MWh/Jahr	E 82 2.3 MW MWh/Jahr	E82 3 MW MWh/Jahr
5,00	3.105	3.075	2.897	2.944	3.006
5,25	3.518	3.541	3.292	3.359	3.449
5,50	3.940	4.031	3.699	3.791	3.916
5,75	4.368	4.541	4.114	4.236	4.404
6,00	4.767	5.067	4.534	4.689	4.908
6,25	5.224	5.604	4.955	5.146	5.424
6,50	5.646	6.150	5.373	5.606	5.950
6,75	6.062	6.699	5.788	6.063	6.481
7,00	6.468	7.248	6.195	6.516	7.014



## Anlagentechnik - Leistungskurven



### Resümee:

#### Bewertung von Energiepotential und Jahresertrag

Die Berechnung des Jahresertrages [MWh/Jahr] erfolgt unter Berücksichtigung der Anlagengröße in Form von **Rotordurchmesser** [m] und **Nabenhöhe** [m] mit einer **idealen Leistungskurve** [W/m<sup>2</sup>]:

Berechnungsgrundlagen:

- Winddaten in Nabenhöhe als absolute Häufigkeitsverteilung für 100x100m Rasterzellen
- Seehöhe und Durchschnittstemperatur wird bei Ertragsberechnung mitberücksichtigt
- Spezifische Leistungskurve für sämtliche Turbinengrößen und Standorte (500 W/m<sup>2</sup>)

Einflussgrößen:

- Parkwirkungsgrad [%]
- Technisch bedingte Verluste
- Technische Verfügbarkeit

Eine Validierung anhand bekannter Ertragsdaten bestehender Anlagen wird durchgeführt.

**01** Energieerträge

**03** Kosten

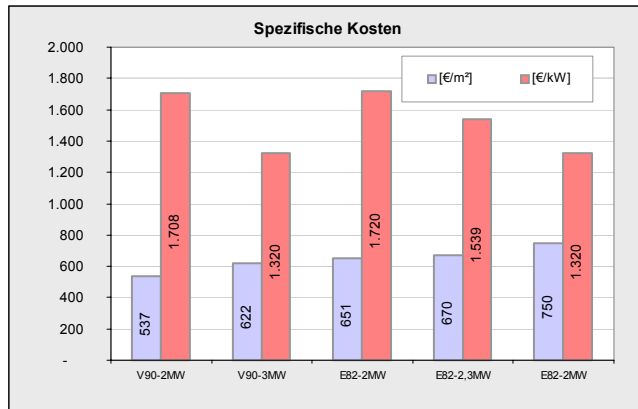
**04** Wirtschaftlichkeit



## Investitionskosten

Hersteller		VESTAS	VESTAS	ENERCON	ENERCON	ENERCON
		V90-2MW	V90-3MW	E82-2MW	E82-2,3MW	E82-2MW
Rotordurchmesser	[m]	90,0	90,0	82,0	82,0	82,0
Rotorfläche	[m <sup>2</sup> ]	6.362	6.362	5.281	5.281	5.281
Leistung	[MW]	2,0	3,0	2,0	2,3	3,0
Nabenhöhe	[m]	105,0	105,0	98,0	98,0	98,0
Kosten inkl. Trafo, Transport u. Montage	[€]	2.725.000	3.150.000	2.750.000	2.820.000	3.150.000
Kosten je Fundament	[€]	150.000	170.000	150.000	150.000	170.000
Kosten je Bauplatz	[€]	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
<b>Summe je Anlage</b>	[€]	<b>2.895.000</b>	<b>3.340.000</b>	<b>2.920.000</b>	<b>2.990.000</b>	<b>3.340.000</b>
Interne Verkabelung und Netzübergabe	[€]	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Netzableitung	[€]	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
Netzverstärkungskosten	[€]	200.000	300.000	200.000	230.000	300.000
Sonderausrüstung	[€]	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000
Wege	[€]	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Planung, Bauleitung, Projektentwicklung	[€]	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<b>Summe Infrastruktur + Sonstiges</b>	[€]	<b>520.000</b>	<b>620.000</b>	<b>520.000</b>	<b>550.000</b>	<b>620.000</b>
<b>Kosten gesamt</b>	[€]	<b>3.415.000</b>	<b>3.960.000</b>	<b>3.440.000</b>	<b>3.540.000</b>	<b>3.960.000</b>

## Spezifische Investitionskosten



Spezifische Kosten		V90-2MW	V90-3MW	E82-2MW	E82-2,3MW	E82-2MW	Mittelwert
Spezifische Kosten (Rotorfläche)	[€/m²]	537	622	651	670	750	646
Spezifische Kosten (Leistung)	[€/kW]	1.708	1.320	1.720	1.539	1.320	1.521

- 01 Energieerträge
- 03 Kosten
- 04 Wirtschaftlichkeit**



## Berechnung der Stromerzeugungskosten

### Vereinfachtes Verfahren nach Garrad (1992)

$g = (C \cdot R) / E + O$  mit g: Kosten pro kWh  
 C: Errichtungskosten pro m<sup>2</sup> Rotorfläche  
 E: Jahreserträge je m<sup>2</sup> Rotorfläche  
 O: Betriebs- und Wartungskosten  
 R: Kapitalrückfluss

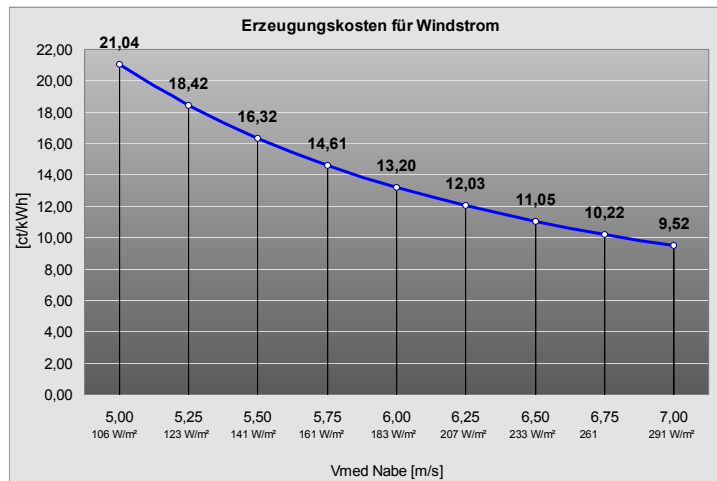
wobei

$$O = 0,03 \cdot C/E$$

$R = r / (1 - (1+r)^{-n})$  mit r: inflationsbereinigter Effektivzinssatz  
 n: Anzahl der Berechnungsjahre

## Erzeugungskosten bezogen auf mittlere Windgeschwindigkeit

(Rayleigh-Verteilung)



**AuWiPot**

Windatlas und Windpotentialstudie Österreich



## Workshop 'Wirtschaftlichkeit'



Hans Winkelmeier, Energiewerkstatt