

## QUICK GUIDE – PARK-BERECHNUNG MIT MESOSKALEN-WINDDATEN

### Ziel:

Ziel ist, die erwartete Jahresenergieproduktion (Annual Energy Production, AEP) auf Basis von EMD-WRF Meso-Daten zu berechnen.

PARK berechnet die Produktion in Zeitschritten (stündlich) und nutzt dabei die Tatsache, dass mit den EMD-WRF Meso-Daten zusätzlich das verwendete Mesoskalen-Terrain heruntergeladen wird. Diese Methode kann deshalb auch nur mit EMD-WRF Meso-Daten angewandt werden. Andere Mesoskalen-Daten müssen wie normale Messmasten gehandhabt werden.

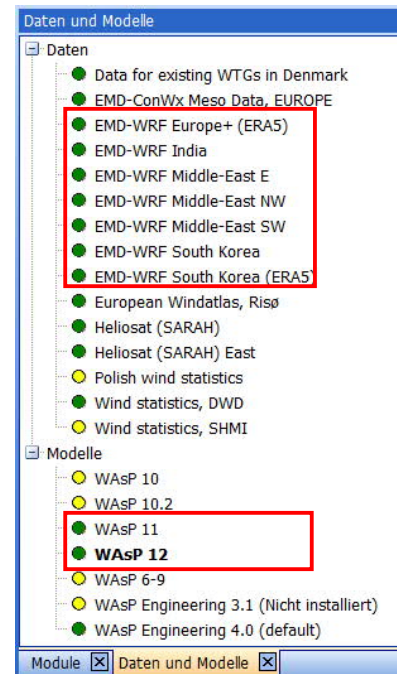
### Übersicht:

1. Lizenz- und Software-Voraussetzungen
2. Eingangsdaten für PARK/MESO
3. Start der Berechnung
4. Scaler-Einstellung
5. Leistungskennlinien-Korrektur
6. Ergebnisse in PARK/MESO

### Validierung der Ergebnisse

#### 1. LIZENZ- UND SOFTWARE-VORAUSSETZUNGEN

- windPRO ab 3.0 mit den Modulen PARK, METEO, MODEL und MCP
- Zugang zu einer Zeitreihe der folgenden Typen:
  - Vorberechnete EMD-WRF Meso Zeitreihen, z.B. EMD-WRF Europe+
  - EMD-WRF Meso On-Demand Zeitreihe
- WAsP ab Version 11



#### 2. EINGANGSDATEN FÜR PARK/MESO

Erzeugen Sie eines oder mehrere METEO-Objekte mit Mesoskalen-Daten:

- A) Für vorberechnete Datensätze, z.B. EMD-WRF Europe+: Erzeugen Sie ein METEO-Objekt → Onlinedaten. Wählen Sie die Datenquelle und den zu ladenden Punkt. Es sollten mindestens 10 Jahre Daten geladen werden, in der Regel gilt: je mehr desto besser.
- B) Für EMD-WRF On-Demand Daten: Starten Sie in windPRO eine Berechnung des Typs EMD-WRF Meso on-demand (Gruppe Clusterdienste) für eine beliebige Position auf der Welt. Wenn die Erzeugung der Zeitreihe(n) auf dem Cluster abgeschlossen ist (→ Email-Benachrichtigung) öffnen Sie die Berechnung erneut und laden Sie die Zeitreihe(n) herunter. Es werden automatisch METEO-Objekte erzeugt.

# Quick Guide – PARK-Berechnung mit Mesoskalen-Winddaten

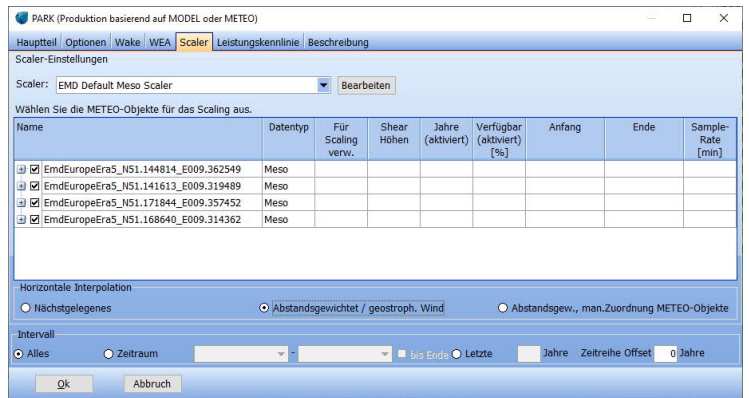
Das Projekt sollte weiterhin enthalten:

- Eine oder mehrere zu berechnende WEA
- Ein Terraindatenobjekt mit mikroskaligen Terraindaten (Rauigkeit und Höhen). Es kann z.B. für STATGEN-Verwendung definiert sein, eine Windstatistik wird nicht benötigt.

und ggf. die Interpolations-Methode für mehrere Meso-METEO-Objekte.

### 3. START DER BERECHNUNG

Starten Sie das Modul PARK und wählen Sie die Berechnungsmethode rechts oben (Zeitreihe aus MESO-Daten):



Der Knopf Bearbeiten öffnet die Scaler-Einstellungen:



Auf dem Optionen-Register gibt es einige neue Einstellungen, die aber für eine erste Berechnung nicht von Bedeutung sind.

Auch unter Wake gibt es neue Features, beschränken Sie sich in dieser Berechnung aber darauf, den Geländetyp unter Einheitlich zu wählen.

Hier wird definiert, welches Terraindatenobjekt das mikroskalige Terrain enthält und es können erweiterte Features wie Verdrängungshöhen und RIX-Korrekturen ausgewählt werden.

### 4. SCALER-EINSTELLUNGEN

Der Scaler ist das Herzstück der Zeitreihen-Energieberechnung. Er berechnet Windgeschwindigkeit und -Richtung für jede Stunde an jeder WEA-Position. Dafür werden die Mesoskalen-Daten unter Berücksichtigung sowohl des Meso-Terrains als auch des Mikroskaligen Terrains modelliert, wobei Transferfunktionen von der Position der Meso-Daten zu jeder WEA-Position/Nabenhöhe berechnet werden.

Das Register Post-Kalibrierung ist aufgrund der spezifischen Eigenschaften von Mesoskalen-Modellen von großer Bedeutung. Diese geben selten das korrekte absolute Energieniveau wieder, sondern es muss – abhängig von der Region – mit systematischen Fehlern bis zu 40% gerechnet werden. Es ist deshalb essenziell, über eine lokale Validierungsmöglichkeit (Messmast oder WEA-Erträge) zu verfügen, um den richtigen Faktor für eine Post-Kalibrierung zu ermitteln.

Auf dem Register Scaler können mehrere Meso-METEO-Objekte ausgewählt werden (in der Regel sollte eines ausreichen), außerdem der Zeitraum für die Berechnung

Um den geeigneten Post-Kalibrierungs-Faktor zu finden, bieten sich in WindPRO zwei Werkzeuge an, der METEO-Analyzer und das Modul PERFORMANCE CHECK. Mit deren Hilfe kann nicht nur der Skalierungsfaktor gefunden werden, sondern es können auch Richtungsfehler entdeckt werden und die Post-

# Quick Guide – PARK-Berechnung mit Mesoskalen-Winddaten

Kalibrierung damit sehr präzise gemacht werden. Mit einer guten Post-Kalibrierung kann die Unsicherheit einer Berechnung in eine sehr positive Richtung (<10%) beeinflusst werden.

Im Wiki finden Sie [weitere Informationen zur Post-Kalibrierung](#).

## 5. LEISTUNGSKENNLINIEN-KORREKTUR

**PARK (Produktion basierend auf MODEL oder METEO)**

Hauptteil | Optionen | Wake | WEA | Scaler | **Leistungskennlinie** | Beschreibung

**Luftdichte-Korrektur**

- Feste Luftdichte   Standard verwenden (1,225 kg/m³)
- Höhenabhängige Luftdichte
  - Daten von Setup werden verwendet, wenn keine zeitlich variierende Korrektur (s.u.) angewendet wird oder keine Daten verfügbar sind.
  - Station: KASSEL V3 2014, Temperatur Basishöhe: 233,0 m, Temperatur: 8,1 °C, Druck Basishöhe: 0,0 m, Luftdruck: 1013,3 hPa
  - Temperatur für Luftdichtekorrektur verwenden
    - von Scaler  aus METEO-Objekt: EmdEuropeEras\_N51.144814\_E009.362549 - 100,00 m
  - Luftdruck für Luftdichtekorrektur verwenden
    - von Scaler  aus METEO-Objekt:
- Turbulenz-Korrektur**
  - von Scaler  aus METEO-Objekt:
  - Korrektureinstellungen: Verwendete Referenz-Turbulenzintensität für LK: 0,12
- Windscherungs-Korrektur**
  - von Scaler  aus METEO-Objekt:
- Richtungsänderungs-Korrektur (inkl. Berechnung für Nabenhöhe +/- 0,5 Rotordurchmesser)**
  - von Scaler  aus METEO-Objekt:

**Leistungskennlinie**

- Leistungskennlinienkorrektur (EMD, nur Luftdichtekorrektur)
- Leistungskennlinienkorrektur nach IEC 61400-12-1 ed. 2 (Alle gewählten Korrekturen verwendet)

**Anmerkungen zur PowerMatrix**

- Ist die Korrektur aktiviert, wird bei WEA mit PowerMatrix die PowerMatrix verwendet.
- Ist die Korrektur deaktiviert, wird bei WEA mit PowerMatrix das Referenzklima verwendet.
- Eine Korrektur ist möglich, wenn die PowerMatrix die entsprechende Korrektur in ihren Matrizen enthält.
- Weitere Informationen zur PowerMatrix: [PowerMatrix-Format \(EN\)](#)

Eine Berechnung auf Basis einer Zeitreihe erlaubt es, die Leistungskennlinie an die Bedingungen jedes spezifischen Zeitpunkts der Zeitreihe anzupassen. Die Luftdichtekorrektur auf Basis der Temperatur spielt dabei die wichtigste Rolle. Variationen des Drucks haben einen kleineren Einfluss, können aber, wenn die Meso-Daten ein Drucksignal enthalten, ebenfalls berücksichtigt werden.

Mit den weiteren Korrekturoptionen für die Leistungskennlinie ist es möglich, tatsächlichen stündlichen Produktionsdaten sehr nahe zu kommen. Dies ist insbesondere bei PERFORMANCE CHECK-Berechnungen von Bedeutung, mit denen auch geringfügige Unterschiede zwischen erwarteter und berechneter Produktion noch aufgespürt werden können.

Starten Sie die Berechnung mit OK.

## 6. ERGEBNISSE IN PARK/MESO

**PARK - Hauptergebnis**

**Berechnungstyp**  
Mittlere Jahresproduktion (AEP) aus langzeit-repräsentativer Zeitreihe mit optionalen Korrekturen

**Wake**  
Parkmodell: IEC, Jensen (EPIC) 2005  
Wake-Decay-Konstante: 0,075  
Wake-Decay-Koeffizient: 0,075  
Park-Faktor:

**Scaler / Winddaten**  
Name: EMD Default Hesse Scaler  
User-Id: 02.10.2010 09:30:38 - 03.01.2014  
METEO-Objekt: EmdCommu\_N51.450\_809.500 (35)  
Verbindungsflächen von Objekten:

**Leistungskennlinien-Korrektur**  
Leistungskennlinienkorrektur (Leistungs-Kennlinie) Methode mit besserer Anpassung an WEA-Steuerung  
Temperatur von anderer settings  
Pressure from another settings

Maßstab 1:25.000

**Hauptergebnis für Windpark-Berechnung**

WEA-Kombination	PARK Ergebnis	Ergebnis -10,0%	BRUTTO (keine Verluste)	Parkwir-Verluste	Freie kungsgrad	Kapazitätsfaktor	Mittleres VEA-Ergebnis	Vollast-stunden	Windgeschw. free	wake reduced
	[MWh/a]	[MWh]	[MWh/a]	[%]	[%]	[%]	[MWh/a]	[Stunden/Jahr]	[m/s]	[m/s]
Windpark	77.133,8	69.420,4	83.273,0	92,6	35,4	35,4	9.917,2	3.099	7,4	7,1

**Berechnete jährliche Energieproduktion für jede von 7 neuen WEA mit insgesamt 22,4 MW Nennleistung**

WEA-Typ	Aktuell	Hersteller	Typ	Nenn-leistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Verbindungs-höhe	Quelle	Name	Leistungs-kennlinie	AEP	Park	Windgeschw.	Güte-Energieproduktion
				[kW]	[m]	[m]	[m]				[MWh]	[MW]	[m/s]	[%]
1-3	88	1000	TW 600e-600/200	600	46,0	50,0	0,0	EMD	Uae 0 - 0,000000 - Before traf - open mode - 02-2014	10.202,2	9,279	88,99	7,31	3,90
4-6	88	1000	TW 600e-600/200	600	46,0	50,0	0,0	EMD	Uae 0 - 0,000000 - Before traf - open mode - 02-2014	10.202,2	9,279	88,99	7,31	3,90
7	88	1000	TW 600e-600/200	600	42,0	53,0	0,0	EMD	Uae 0 - 0,000000 - Before traf - open mode - 02-2014	10.202,2	9,279	88,99	7,31	3,90

Das Hauptergebnis dokumentiert die Berechnungsvoraussetzungen und gibt die erwartete Jahresproduktion als Mittel der Berechnungsperiode aus. Als zusätzliche Kennzahl wird die Wake-reduzierte Windgeschwindigkeit für jede WEA angegeben.

**PARK - Referenz-WEA**

**Berechnungstyp**  
Mittlere Jahresproduktion (AEP) aus langzeit-repräsentativer Zeitreihe mit optionalen Korrekturen

**Wake**  
Parkmodell: IEC, Jensen (EPIC) 2005  
Wake-Decay-Konstante: 0,075  
Wake-Decay-Koeffizient: 0,075  
Park-Faktor:

**Scaler / Winddaten**  
Name: EMD Default Hesse Scaler  
User-Id: 02.10.2010 09:30:38 - 03.01.2014  
METEO-Objekt: EmdCommu\_N51.450\_809.500 (35)  
Verbindungsflächen von Objekten:

**Leistungskennlinien-Korrektur**  
Leistungskennlinienkorrektur (Leistungs-Kennlinie) Methode mit besserer Anpassung an WEA-Steuerung  
Temperatur von anderer settings  
Pressure from another settings

**WEA-Platzierung**  
GK (3 deg)-DHDN/PO/Bessel (DE 1995 <45m) Zone: 3

Rechter	Hoch	2	Beschreibung
8	3.534.922	5.697.988	332,5 TACKE TW 600e 600-200 46.0 ICF NH: 50,0 m (Ges
9	3.535.217	5.697.989	342,2 TACKE TW 600e 600-200 46.0 ICF NH: 50,0 m (Ges
10	3.535.270	5.697.734	334,0 TACKE TW 600e 600-200 46.0 ICF NH: 50,0 m (Ges
11	3.534.541	5.698.037	327,5 VESTAS V42 600 42.0 ICF NH: 53,0 m (Ges:74,0 m)...
12	3.534.622	5.697.720	325,1 VESTAS V42 600 42.0 ICF NH: 53,0 m (Ges:74,0 m) A: Neue WEA

Maßstab 1:10.000

**Hauptergebnis für Windpark-Berechnung**

WEA-Kombination	PARK Ergebnis	Ergebnis -10,0%	BRUTTO (keine Verluste)	Parkwir-Verluste	Freie kungsgrad	Kapazitätsfaktor	Mittleres VEA-Ergebnis	Vollast-stunden	Windgeschw. free	wake reduced
	[MWh/a]	[MWh]	[MWh/a]	[%]	[%]	[%]	[MWh/a]	[Stunden/Jahr]	[m/s]	[m/s]
Windpark	77.133,8	69.420,4	83.273,0	92,6	35,4	35,4	9.917,2	3.099	7,4	7,1

**Berechnete jährliche Energieproduktion für jede von 5 Referenz-WEA mit insgesamt 3,0 MW Nennleistung**

WEA-Typ	Aktuell	Hersteller	Typ	Nenn-leistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Verbindungs-höhe	Quelle	Name	Leistungs-kennlinie	Berechnete	tatsächliche	Güte-Energieproduktion
				[kW]	[m]	[m]	[m]				[MWh]	[MW]	[%]
8	Nenn	TACKE	TW 600e-600/200	600	46,0	50,0	0,0	EMD	Fabrikant 9603 1.235 20.00 0.00	1.165,9	900,0	77	
9	Nenn	TACKE	TW 600e-600/200	600	46,0	50,0	0,0	EMD	Fabrikant 9603 1.235 20.00 0.00	1.233,2	900,0	73	
10	Nenn	TACKE	TW 600e-600/200	600	46,0	50,0	0,0	EMD	Fabrikant 9603 1.235 20.00 0.00	1.218,3	900,0	74	
11	Nenn	VESTAS	V42-600	600	42,0	53,0	0,0	EMD	Manufacturer 24-88-00 1.235 25.00 0.00	1.025,1	790,0	77	
12	Nenn	VESTAS	V42-600	600	42,0	53,0	0,0	EMD	Manufacturer 24-88-00 1.235 25.00 0.00	1.039,6	790,0	76	

Wenn Referenz-WEA existieren und für diese die tatsächliche Produktion angegeben wurde (als Eigenschaft des Existierende-WEA-Objekts, Register PARK), zeigt der Bericht Referenz-WEA das Verhältnis zwischen der dort angegebenen und der berechneten Produktion (Güte-Faktor). Daran kann abgelesen werden, ob das Modell korrekt kalibriert ist.

Beachten Sie, dass beides im Regelfall AEP (Annual Energy Production, Jährliche Energieproduktionen) auf Basis einer Langzeitreihe sind. Wenn die Produktion

## Quick Guide – PARK-Berechnung mit Mesoskalen-Winddaten

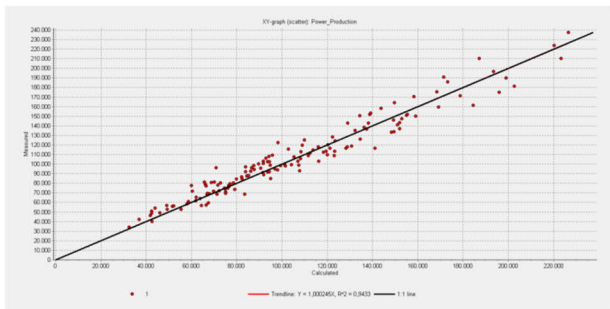
eines spezifischen Zeitraums verglichen werden soll, muss entweder PERFORMANCE CHECK verwendet werden, oder im Existierende-WEA-Objekt darf als Referenzproduktion kein Langzeitmittel der Produktion angegeben werden, sondern die Produktion des entsprechenden Zeitraums. In der PARK-Berechnung muss dann auf dem Register Optionen ausgewählt werden, dass die Produktion für eine spezifische Periode berechnet werden soll.

### 7. VALIDIERUNG DER ERGEBNISSE

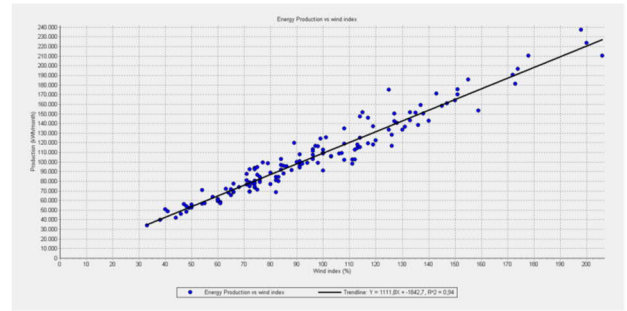
Berechnungen auf Basis von Mesoskalen-Zeitreihen bieten weit bessere Validierungsmöglichkeiten als Berechnungen auf Basis von Weibull-Verteilungen.

Via Rechtsklick auf eine Berechnungsüberschrift → Ergebnis in Datei können die Produktionszeitreihen für die berechneten WEA ausgegeben werden. Standardmäßig werden diese Zeitreihen monatlich aggregiert (Einstellung in PARK → Optionen → Aggregation).

Je nach Verfügbarkeit von regionalen Daten zur Validierung sind damit unterschiedliche Analysen möglich.



Die Grafik oben zeigt einen Vergleich monatlicher gemessener und berechneter Produktionen mit einem Bestimmtheitsmaß  $R^2$  von 0,94; die Grafik unten zeigt gemessene Daten im Vergleich zu einem Windindex:



Das Bestimmtheitsmaß ist ebenfalls 0,94.

Obwohl in diesem Fall das Bestimmtheitsmaß identisch ist, vermeidet die Arbeit mit Meso-Zeitreihen einige der Nachteile, die die Arbeit mit Windindizes hat. Windindizes reagieren unterschiedlich auf unterschiedliche Nabenhöhen und WEA-Technologien (Schwachwind/Starkwind) und vernachlässigen lokale Windrichtungs-Spezifika. Ein Windindex mittelt eine große Region und eine große Anzahl unterschiedlicher WEA, wogegen Mesoskalen-Berechnungen spezifisch für ein Projekt erstellt werden. So ist eine präzisere Kalibrierung möglich, selbst wenn ein kürzerer Datenzeitraum vorliegt.

Der Ablauf im Überblick:

- Berechnen Sie ein Referenzprojekt mit bekannten Erträgen und zeitgleichen Meso-Daten
- Passen Sie die Post-Kalibrierung so an, dass die Berechnung die tatsächlichen Erträge erbringt
- Berechnen Sie ein benachbartes neues Projekt mit Langzeit-Meso-Daten und der Post-Kalibrierung, die im zweiten Schritt gefunden wurde.