

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 hier 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, was nicht der Natur von Mesodaten entspricht.

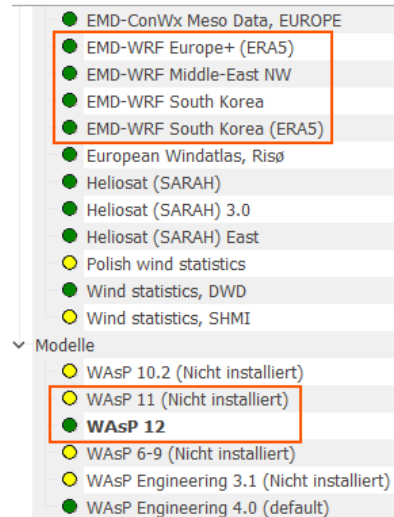
Übersicht:

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

1. LIZENZ- UND SOFTWARE-VORAUSSETZUNGEN

- windPRO ab 4.1 mit den Modulen PARK, METEO und MODEL
- 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

Daten und Modelle



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 (Menüband Klima | Mesoskalen-Daten) 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). Eine Windstatistik wird nicht benötigt.

3. START DER BERECHNUNG

Klicken Sie im Menüband Energie auf das Modul PARK



und wählen Sie die Berechnungsmethode rechts oben (Zeitreihe aus MESO-Daten):



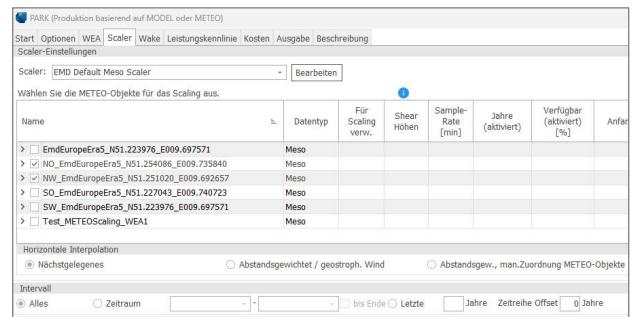
Unter Wake gibt es neue Features, deren Details Sie im [Wiki](#) finden. Für eine erste Berechnung hier können Sie den Geländetyp unter Einheitlich wählen.

4. SCALER-EINSTELLUNGEN

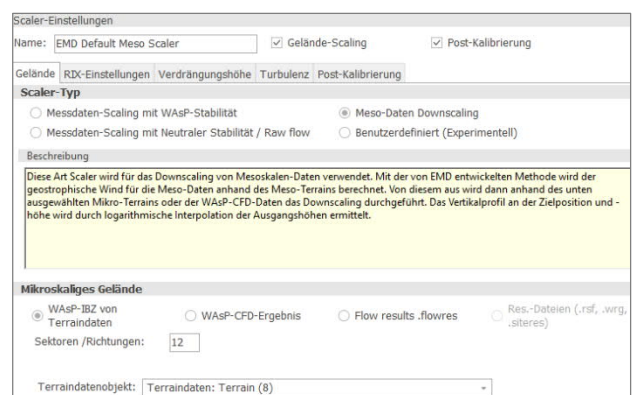
Der Scaler ist das Herzstück der Zeitreihen-Energieberechnung. Er berechnet Windgeschwindigkeit und -Richtung für jede Stunde an jeder WEA-Position. Dafür werden die Mesoskalen-Daten unter Berücksichtigung sowohl des Meso-Terrains als auch des mikroskaligen Terrains modelliert, wobei Transferfunktionen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

Auf dem Register Scaler können mehrere Meso-METEO-Objekte ausgewählt werden (in der Regel sollte eines

ausreichen), außerdem der Zeitraum für die Berechnung und ggf. die Interpolations-Methode für mehrere Meso-METEO-Objekte.



Der Knopf Bearbeiten öffnet die Scaler-Einstellungen:



Hier wird definiert, welches Terraindatenobjekt das mikroskalige Terrain enthält. Es können auch erweiterte Features wie Verdrängungshöhen und RIX-Korrekturen ausgewählt 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 die richtigen Werte für eine Post-Kalibrierung zu ermitteln.

Um die geeignete Post-Kalibrierung zu finden, bieten sich in windPRO zwei Werkzeuge an, der METEO-Analyser und das Modul PERFORMANCE CHECK. Mit deren Hilfe können nicht nur Skalierungsfaktoren gefunden werden, sondern es können auch Richtungsfehler entdeckt und die Post-Kalibrierung damit sehr präzise gemacht werden. Mit einer guten Post-Kalibrierung kann die

Quick Guide – PARK-Berechnung mit Mesoskalen-Winddaten

Unsicherheit einer Berechnung in eine sehr positive Richtung (<10%) beeinflusst werden.

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

5. LEISTUNGSKENNLINIEN-KORREKTUR

Start Optionen WEA Scaler Wake Leistungskennlinie Kosten Ausgabe Beschreibung

Luftdichte-Korrektur

Feste Luftdichte kg/m³ 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:

Luftdruck für Luftdichtekorrektur verwenden
 von Scaler aus METEO-Objekt:

Turbulenz-Korrektur
 von Scaler aus METEO-Objekt: Anst

Korrekturstellungen Verwendete Referenz-Turbulenzintensität für LK: 0,12

Windschraungs-Korrektur
 von Scaler aus METEO-Objekt:

Richtungsänderungs-Korrektur (inkl. Berechnung für Höhenhöhe +/- 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 \(EU\)](#)
 Negative Produktion als 0 Produktion annehmen.

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 aufgespürt werden können.

Auf Register Ausgabe beachten Sie die Option Aggregation der Zeitreihe. Standardmäßig ist die Einstellung hier *Monat*, um die Berechnungen nicht unnötig zu vergrößern. Wenn jedoch z.B. 1-Std.-Werte benötigt werden (zur Verwendung in PERFORMANCE CHECK oder für einige Detailberechnungen in LOSS & UNCERTAINTY), muss die Einstellung auf *Keine* geändert werden.

Starten Sie die Berechnung mit OK.

6. ERGEBNISSE IN PARK/MESO

PARK - Hauptergebnisse
 Berechnung: Test Quick Guide
 Berechnungstyp: AEP (Skalierter auf 1 Jahr, anhand der Sample-Zahl)
 Skalierungsfaktor: von 20,3 Jahren auf 1 Jahr: 0,050
 Berechnung ausgeführt in UTM (north)-WGS84 Zone 32
 Unterschied Osternord / geographisch Nord (Standardabstrum) ist: 0,6°

Wake
 Downwind: N.O. Jensen (RENDER) Park 2 2018
 Wake-Decay-Konstante: 0,090 DTU-Standard Onshore unabhängig von Nabenhöhe
 Referenz-WEA: ENERCON E-115 3000 115,7 101 NH: 149,0 m (Ges:206,9 m) (7)

Scaler / Winddaten
 Name: EMD Meso Scaler PK 0,8
 Gelände-Scaling: Meso-Daten Downscaling
 Strömungsmodell: Mikroskal-Gelände WPP 302 von Terrestrial
 Zeitraum: 01.01.2002 01:00:00 - 01.01.2032
 METEO-Objekt(s): SII, EMD-WRF Europe (ERA5), NLS,223976, E009,697571 (9)
 Vertikalangabe: Orundirectional von Objekten
 WPP-Version: WPP 12 Version 12.09.0032

Leistungs-Korrektur (Alle neuen WEA)
 Modifiziert: IEC-Korrektur mit besserer Anpassung an WEA-Steuerung

	Min	Max	Mittel	Korr.	Neg. Korr.	Pos. Korr.
Luftdichte						
Aus Luftdichte-Einstellungen [°C]	5,2	5,5	5,3			
Aus Luftdichte-Einstellungen [hPa]	933,0	937,2	935,4			
Resultierende Luftdichte [kg/m ³]	1,368	1,372	1,370			
Relativ zu 10°C LUW	95,3	95,7	95,5	-3,0		0,0

Hauptergebnisse für Windpark-Berechnung

WEA-Kombination	PARK Ergebnis	BRUTTO (keine Verluste) / Freie	Spezifische Ergebnisse		Windgeschwindigkeit	
			Kapazitätsg-Faktor	Mittleres WEA-Ergebnis	Frei	wake-reduziert
WEA	[MWh/a]	[MWh/a]	[%]	[MWh/a]	[h/a]	[m/s]
Windpark	29.580,4	31.332,8	5,6	37,5	9.860,1	3.287
						7,0
						6,8

Berechnete jährliche Energieproduktion für jede von 3 neuen WEA mit insgesamt 9,0 MW Nennleistung

WEA-Typ	Ak-	Hersteller	Typ	Nennleistung	Rotordurchmesser	NH	Quelle	Name	Leistungskennlinie	AEP Ergebnis	Wake-Verluste	Windgeschwindigkeit	Güte-Faktor
1	Neu	ENERCON	E-115-3-000	3.000	115,7	149,0	EMD	Level 0 - official - Rev.-2,0 - Mode 0 - 3000kW - 06/2014	13,026,3	5,4	7,06	6,87	
2	Neu	ENERCON	E-115-3-000	3.000	115,7	149,0	EMD	Level 0 - official - Rev.-2,0 - Mode 0 - 3000kW - 06/2014	9.599,5	3,3	6,80	6,48	
3	Neu	ENERCON	E-115-3-000	3.000	115,7	149,0	EMD	Level 0 - official - Rev.-2,0 - Mode 0 - 3000kW - 06/2014	9.561,6	8,2	7,18	6,87	

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
 Berechnung: Test Quick Guide
 Berechnungstyp: AEP (Skalierter auf 1 Jahr, anhand der Sample-Zahl)
 Skalierungsfaktor: von 20,3 Jahren auf 1 Jahr: 0,050
 Berechnung ausgeführt in UTM (north)-WGS84 Zone 32
 Unterschied Osternord / geographisch Nord (Standardabstrum) ist: 0,6°

Wake
 Downwind: N.O. Jensen (RENDER) Park 2 2018
 Wake-Decay-Konstante: 0,090 DTU-Standard Onshore unabhängig von Nabenhöhe
 Referenz-WEA: ENERCON E-115 3000 115,7 101 NH: 149,0 m (Ges:206,9 m) (7)

Scaler / Winddaten
 Name: EMD Meso Scaler PK 0,8
 Gelände-Scaling: Meso-Daten Downscaling
 Strömungsmodell: Mikroskal-Gelände WPP 302 von Terrestrial
 Zeitraum: 01.01.2002 01:00:00 - 01.01.2032
 METEO-Objekt(s): SII, EMD-WRF Europe (ERA5), NLS,223976, E009,697571 (9)
 Vertikalangabe: Orundirectional von Objekten
 WPP-Version: WPP 12 Version 12.09.0032

Leistungs-Korrektur (Alle existierenden WEA)
 Modifiziert: IEC-Korrektur mit besserer Anpassung an WEA-Steuerung

	Min	Max	Mittel	Korr.	Neg. Korr.	Pos. Korr.
Luftdichte						
Aus Luftdichte-Einstellungen [°C]	5,4	5,5	5,5			
Aus Luftdichte-Einstellungen [hPa]	937,1	937,7	937,4			
Resultierende Luftdichte [kg/m ³]	1,372	1,372	1,372			
Relativ zu 10°C LUW	95,7	95,7	95,7	-3,0		0,0

Berechnete jährliche Energie für Referenz-WEA

Berechnete Energieproduktion	BRUTTO (keine Verluste) / Freie	Spezifische Ergebnisse	Mittleres WEA-Ergebnis	Volllaststunden	Windgeschwindigkeit	tatsächliche Produktion	Güte-Faktor
WEA	[MWh/a]	[MWh/a]	[%]	[MWh/a]	[h/a]	[m/s]	[MWh/a]
19.396,7	19.687,8	1,5	36,9	4.998,3	3.233	6,8	6,6
						6,6	17,854,0
						6,8	92,0

Berechnete jährliche Energieproduktion für jede von 2 Referenz-WEA mit insgesamt 6,0 MW Nennleistung

WEA-Typ	Ak-	Hersteller	Typ	Nennleistung	Rotordurchmesser	NH	Quelle	Name	Leistungskennlinie	Berechnete Energieproduktion	wake-reduziert	tatsächliche Produktion	Güte-Faktor
4	Neu	ENERCON	E-115-3-000	3.000	115,7	149,0	EMD	Level 0 - official - Rev.-2,0 - Mode 0 - 3000kW - 06/2014	9.868,8	8,868,8	9,083,0	92	
5	Neu	ENERCON	E-115-3-000	3.000	115,7	149,0	EMD	Level 0 - official - Rev.-2,0 - Mode 0 - 3000kW - 06/2014	9.527,9	9.527,9	8.771,0	92	

Wenn Nachbar-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

Quick Guide – PARK-Berechnung mit Mesoskalen-Winddaten

Basis einer Langzeitreihe sind. Wenn die Produktion 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.

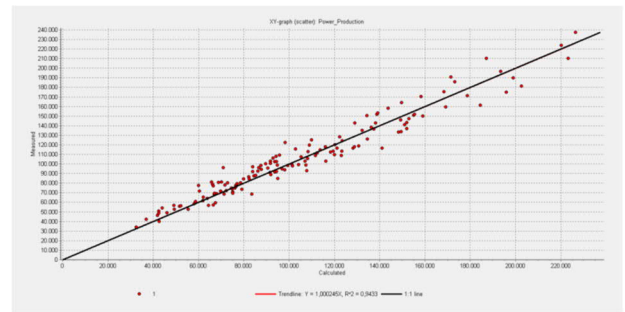
7. VALIDIERUNG DER ERGEBNISSE

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 im Modul PERFORMANCE CHECK damit unterschiedliche Analysen möglich.

Die folgende Grafik zeigt einen Vergleich monatlicher gemessener und anhand EMD-WRF-Daten berechneter Produktionen mit einem Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,94:



Im Gegensatz zur Arbeit mit regionalen Windindizes vermeidet die Arbeit mit Meso-Zeitreihen einige Nachteile. Regionale Windindizes reagieren unterschiedlich auf unterschiedliche Nabenhöhen und WEA-Technologien (Schwachwind/Starkwind) und vernachlässigen teilweise lokale Windrichtungs-Spezifika. Ein regionaler Windindex mittelt eine große Region, 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.