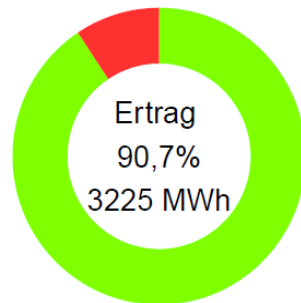
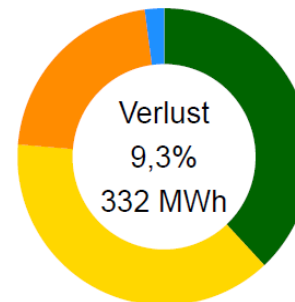


Automatisierte Datenanalyse mit WindPlus 4.0 – Erste Erfahrungen in der Anwendung der TR 10

Dr. Thomas Littmann
green4net GmbH, Frankfurt am Main



Soll / Ist Ertrag
Ertrag (Ist)
Verlust



Kategorisierung von Statuscodes nach EEG 2017

- Kat. 0: Intentionierter Betrieb
- Kat. 1: Einschränkungen aus genehmigungsrechtlichen Gründen
- Kat. 2: Einschränkungen aus technischen Gründen
- Kat. 3: Einschränkungen durch Einspeisemanagement
- Kat. 4: Einschränkungen durch optimierte Vermarktung

Windplus 4.0: Zielsetzungen

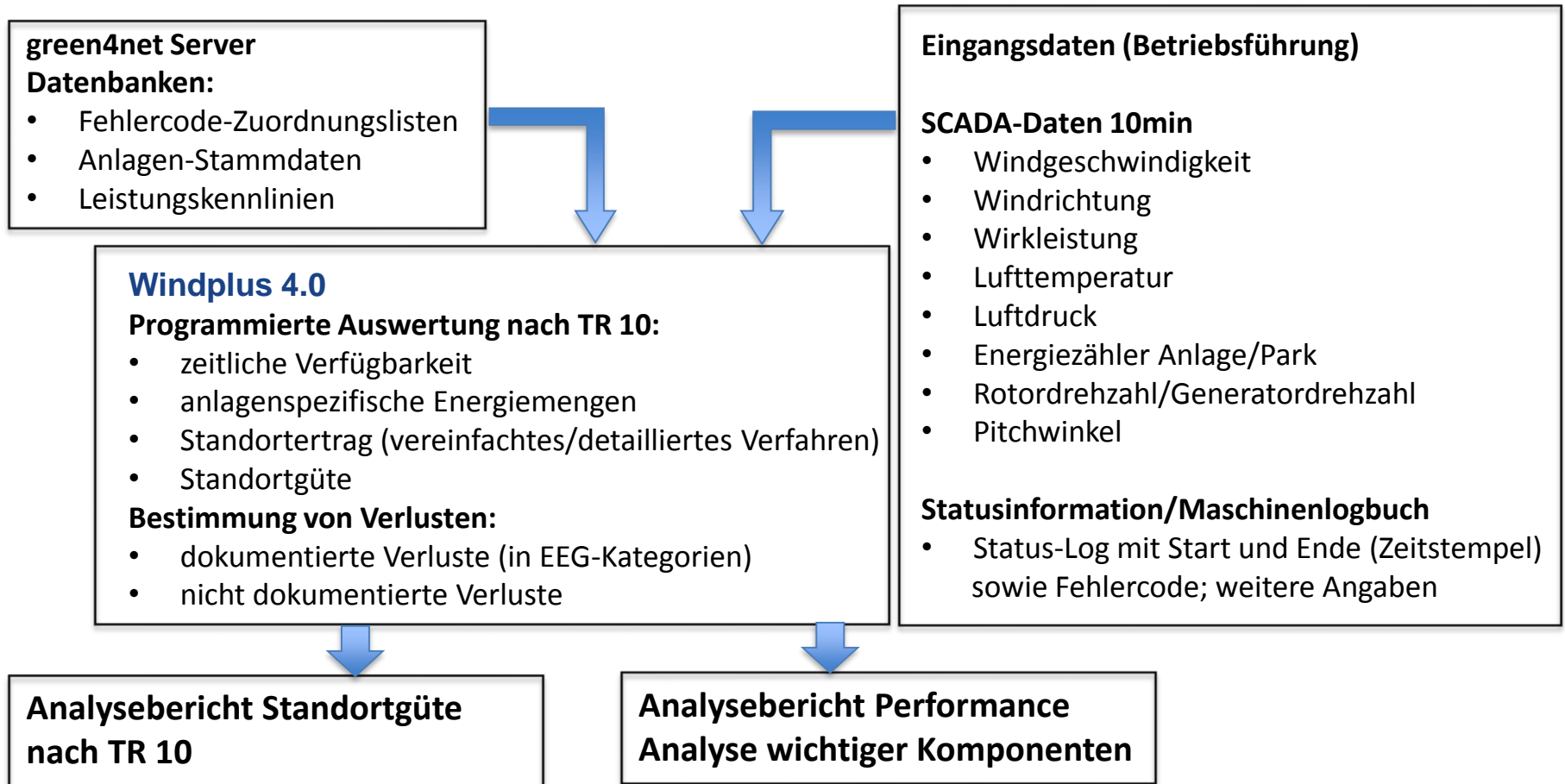
Hintergrund und Zielsetzung der Entwicklung von WINDplus 4.0:

Softwareentwicklung zur Analyse von Betriebsdaten einer WEA als Basis für

- eine laufende Performancebewertung für Betreiber und Betriebsführer, auch für Anlagen im post-EEG-Weiterbetrieb/PPA (vgl. dazu Artikel in 50,2 Ausgabe 5/2019 S. 12-13)
- eine zielgerichtete Komponentenanalyse (das System erkennt vorliegende oder beginnende Komponentenfehler wie z.B. Lagerschäden oder Fehler in der Pitchsteuerung)

Die Ermittlung der Standortgüte nach FGW TR 10 stellt in diesem Zusammenhang einen anwendbaren Qualitätsstandard dar, der eine hinreichende Differenzierung der tatsächlichen Anlagenleistung (Performance) ermöglicht

Windplus 4.0: Vorgehensweise



Windplus 4.0: Dateneingang/Plausibilitätsprüfung

In der Praxis liegen die Parameter oftmals unvollständig vor; Daten müssen nachgefragt werden, dies führt zu einem erhöhten Arbeitsaufwand

Vielfach enthalten die SCADA-Daten keine Windrichtung, sondern nur die Gondelposition (nach TR 10 Abschnitt 2). Da aber Gondelfehlstellungen häufig auftreten, führt dies zu Fehlern in der Auswertung und zur Nichterkennung von Verlusten

Tabelle 2.2.: Datengrundlage

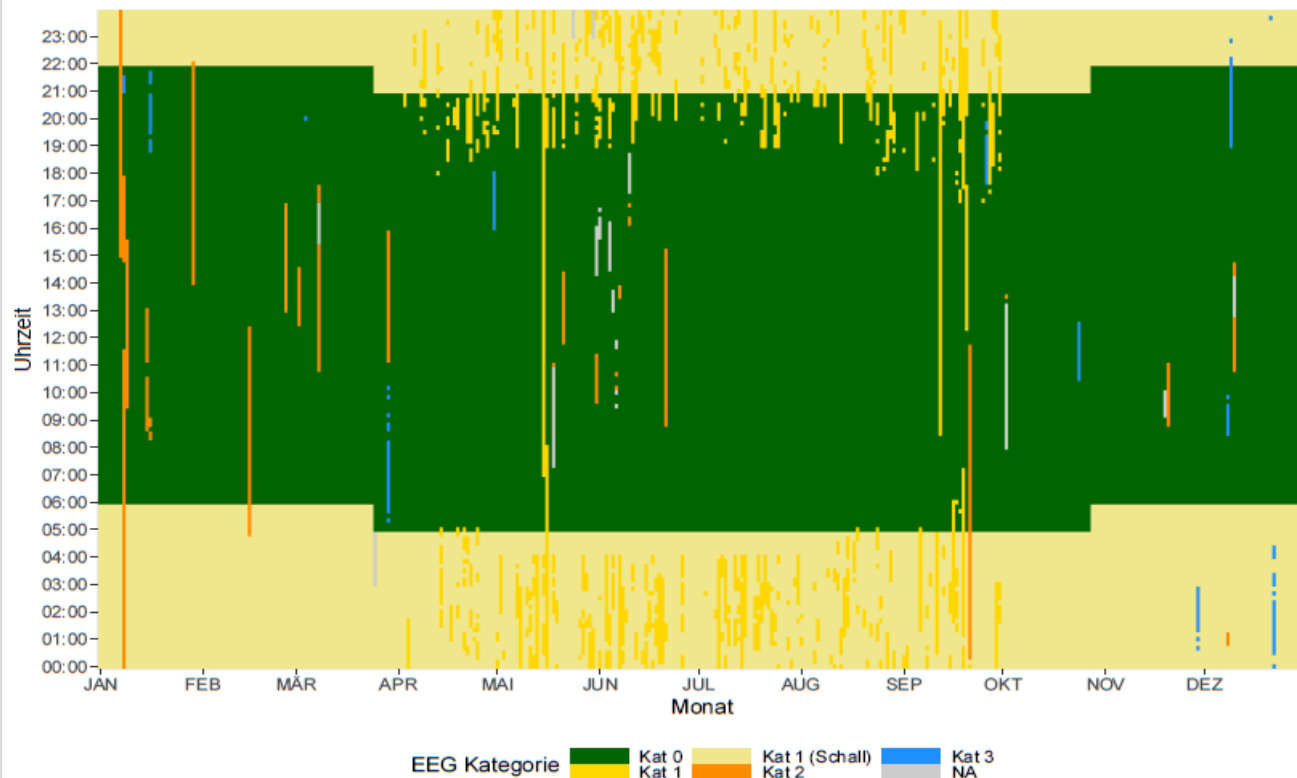
Parameter	N (Ist)	N (Soll)	Verfügbarkeit	Bemerkung / Fehlende Werte
Vorhandene Datensätze	52412	52560	99.7%	Es fehlen 148 Datensätze
Temperatur in Nabenhöhe	52412	52560	99.7%	Temperatur in Nabenhöhe: höhenkorrigierte Temperaturwerte der nächsten DWD Station
Luftdruck in Nabenhöhe	0	52560	0.0%	Luftdruck in Nabenhöhe: höhenkorrigierte Luftdruckwerte der nächsten DWD Station
Windrichtung in Nabenhöhe	52412	52560	99.7%	Fehlende Werte: Ersetzt durch Gondelposition
Gondelposition	52412	52560	99.7%	Analyse der Gondelfehlstellung nicht möglich
Rotordrehzahl	52412	52560	99.7%	Rotordrehzahldaten nicht vollständig
Generatordrehzahl	52412	52560	99.7%	Generatordrehzahldaten nicht vollständig
Blattwinkel 1	0	52560	0.0%	Daten Blattwinkel 1 nicht vorhanden
Blattwinkel 2	0	52560	0.0%	Daten Blattwinkel 2 nicht vorhanden
Blattwinkel 3	0	52560	0.0%	Daten Blattwinkel 3 nicht vorhanden
Produktionszähler	52412	52560	99.7%	Daten Produktionszähler nicht vollständig

Windplus 4.0: Kategorisierung der Statusmeldungen (TR 10 Abschnitt 3)

Bis zum Vorliegen zertifizierter Statuslisten der Hersteller erfolgt die Zuordnung der Fehlercodes zu den Kategorien des EEG vorläufig.

Bis auf wenige unklare Fälle lassen sich die Zuordnungen mittels heat maps recht gut plausibilisieren (hier z.B. Schall und Fledermaus In der Kategorie 1)

Problem:
Umstellung auf MESZ in den Zeitstempeln ist unnötig und muss erkannt werden



Windplus 4.0: zeitliche Verfügbarkeit (TR 10 Abschnitt 4)

Die zeitliche Verfügbarkeit nach TR 10 lässt sich nach Zuordnung der SCADA-Daten in die EEG-Kategorien problemlos ermitteln.

Das Gleiche gilt für die Ermittlung der anlagenspezifischen Energiemengen (Skalierung auf Anlagen- oder Parkzähler)

Tabelle 4.1.: Ermittlung der skalierten produzierten Energiemenge

Monat (YYYYMM)	$E_{Zähler,WEAi}$ Produzierte Energiemenge (Anlagenzähler) (kWh)	$E_{Prod,WEAi}$ Produzierte Energiemenge (10-Minuten-Daten) (kWh)	SF_{WEAi} Skalierungs- faktor	$E_{Prod,skal,WEAi}$ skalierte produzierte Energiemenge (kWh)
2018-01	481 093	478 806	1.0048	481 093
2018-02	173 207	173 599	0.9977	173 207
2018-03	356 013	353 735	1.0064	356 013
2018-04	304 588	303 872	1.0024	304 588
2018-05	222 223	222 937	0.9968	222 223
2018-06	142 048	142 919	0.9939	142 048
2018-07	109 762	111 004	0.9888	109 762
2018-08	195 340	196 201	0.9956	195 340
2018-09	204 802	205 578	0.9962	204 802
2018-10	379 910	380 831	0.9976	379 910
2018-11	254 972	255 909	0.9963	254 972
2018-12	399 070	399 616	0.9986	399 070
Σ	3 223 028	3 225 007		3 223 028

Zur Ermittlung der zeitlichen Verfügbarkeit im Sinne der TR 10 werden Zeitpunkte der Kategorie 2 als nicht verfügbar angesehen, alle anderen Zeitpunkte als verfügbar. Zusätzlich dürfen planmäßige Wartungsmaßnahmen in Umfang von 60 Stunden pro Betriebsjahr (5 Stunden pro Betriebsmonat) als genehmigungsrechtliche Auflage geltend gemacht werden. Der zeitliche Anteil der Kategorie 2 wird dementsprechend reduziert.

$$V_{t,WEAi} = \left(1 - \frac{t_{Kat2} - 5 \cdot 60h^*}{t_{Kat0} + t_{Kat1} + t_{Kat3} + t_{Kat4}} \right) \quad (4.3)$$

mit:

- $V_{t,WEAi}$ Zeitliche Verfügbarkeit der i-ten WEA im Windpark anhand der EEG Kategorisierung [%]
- $t_{Kat k}$ Gesamte Zeitdauer innerhalb des Auswertzeitraums in dem die EEG-Kategorie k (0, 1, 2, 3 oder 4) anliegt [h], [s]
- * $5 \cdot 60 h$ gilt für einen Auswertzeitraum von 5 Jahren, die planmäßigen Wartungsarbeiten betragen 5 h pro Monat, dies wird in Tabelle 4.3 berücksichtigt.

Tabelle 4.3.: Zeitliche Verfügbarkeit (TR10)

Zeitreihenintervall	Stunden (h)	Stunden (%)
Betriebsstunden im Berichtszeitraum	8 735.3	100%
Zeitreihenintervalle EEG Kategorie 2	t_{Kat2} 96.3	1,1%
Zeitreihenintervalle EEG Kategorie 0,1,3,4 planmäßigen Wartungsmaßnahmen	$t_{Kat0,1,3,4}$ 8 639.0 60.0	98,9%
Zeitliche Verfügbarkeit $V_{t,WEAi}$		99.6 %

Windplus 4.0: Standortertrag (TR 10 Abschnitt 6)

Die Ermittlung des Standortertrages nach dem vereinfachten Verfahren (Verfügbarkeit >97%) stellt sich unproblematisch dar.

Bei der Anwendung des detaillierten Verfahrens ergeben sich einige Unklarheiten, die möglicherweise in der Revision 1 der TR 10 korrigiert bzw. konkretisiert werden. Die Umsetzung der Vorgaben des detaillierten Verfahrens machte den Großteil des Programmierungsaufwandes aus.

Probleme in der Umsetzung der Vorgaben für das detaillierte Verfahren:

Ableitung einer konsistenten Windzeitreihe:

- Weitere WEA am Standort mit Datensätzen der Kategorie Null:
- Wie viele WEA sind das Minimum? Was ist das Signifikanzniveau
- für Korrelationen (auch bei Reanalysedaten z.B: ERA 5)?
- Sektorweise Korrelation: Gondelpositionsdaten sind generell nicht fehlerfrei (auch nach Vorgabe nur Kat. 0 und 1 (Schall))

Ermittlung anzuwendender Leistungskennlinien:

- Ableitung aus Ist-Produktionsdaten der WEA. Warum soll eine zusätzliche Luftdichtekorrektur nach IEC 61400-12-1 erfolgen? Die bisherigen Ergebnisse zeigen Kennlinien, die eng an einer Luftdichte-korrigierten Herstellerkennlinie liegen

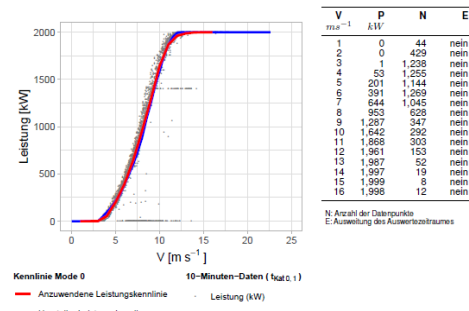


Abbildung B.1.: Anzuwendende Leistungskennlinie (Mode 0) zur Ermittlung des fiktiven Ertragsausfalls für den Monat 01/2018.

Windplus 4.0: Performance: Verluste nach EEG-Kategorien

Die TR 10 bestimmt als Verluste nur den energetischen Ausfall bzw. den Minderungsfaktor der fiktiven Energiemengen der Kategorie 2.

Eine Ermittlung der Verluste mit der standort-adaptierten Herstellerkennlinie ermöglicht die Quantifizierung der „nicht vermeidbaren“ Verluste (Kat. 0, 1-4) und der vermeidbaren Verluste (Kat. 2).

Die weiteren Analysen in WindPlus 4.0 beziehen sich auf die „vermeidbaren“ Verluste nach wichtigen WEA-Komponenten.

Tabelle 3.1.: Gruppierung der Verluste nach Statuscode (EEG 2017), basierend auf Verfügbarkeitsdefinitionen nach IEC 61400-26-1 (2010).

EEG Kat.	Meldung	(kWh)	(%)
	Gesamt Soll-Ertrag (Hersteller-Kennlinie)	3 557 170	100,0%
	Produzierter Energieertrag (TR 10) ($E_{Pro,WEA}$)	3 225 008	90,7%
	Verluste	332 162	9,3%
0	Intentionierter Betrieb	126 360	3,6%
0.1	Betriebsermöglichende Vorgänge	87 585	2,5%
0.2	Windmangel	38 521	1,1%
0.3	Betriebszustände außerhalb der Spezifikation	188	0,0%
1	Einschränkungen aus genehmigungsrechtlichen Gründen	127 192	3,6%
1.4	Naturschutzrechtliche Auflagen	87 535	2,5%
1.5	Betrieb (Schallmodus)*	39 657	1,1%
2	Einschränkungen aus technischen Gründen	71 625	2,0%
2.1	Manueller Betrieb	40 851	1,1%
2.2	Störungsbehebung/Instandsetzung	14 711	0,4%
2.5	Datenlücken	16 062	0,5%
3	Einschränkungen durch Einspeisemanagement	6 985	0,2%
3.1	Wirkleistungsregelung (Einsman)	6 985	0,2%
4	Einschränkung durch optimierte Vermarktung	0	0,0%

Windplus 4.0: Erste Erfahrungen in der Anwendung der TR 10

Eingangsdaten SCADA und Maschinenlogbuch TR 10 Abschnitt 2):

- Die Datensätze müssen einen einheitlichen Zeitstempel haben (Zeitzone, MEZ)
- Fehlercodeangaben müssen eindeutig und vollständig mit Zeitstempel Beginn und Ende sein (z.B. EinsMan , Fledermausabschaltungen unter „Pause over x“)
- Bei bestimmten Anlagenherstellern werden generell keine Windrichtungsdaten geloggt; die Verwendung der Gondelposition ist oft fehlerhaft, wie Analysen von Gondelfehlstellungen zeigten

Datenlücken: Auffüllen von Leistungsdaten (TR 10 Abschnitt 5.2):

- Welche Länge einer Datenlücke ist noch zulässig?

Detailliertes Verfahren (TR 10 Abschnitt 6):

- Konsistente Winddatenreihe: wie viele Nachbar-WEA sind notwendig? Was ist das minimale Signifikanzniveau für Korrelationen (auch mit Reanalysedaten)?
- Anzuwendende Leistungskennlinien: zusätzliche Luftdichtekorrektur bei Ist-Daten erforderlich? Luftdichteberechnung nur mit der Temperatur?
- Generell: das detaillierte Verfahren nach Revision 0 macht 80% des gesamten Arbeitsaufwandes aus; Vereinfachung wünschenswert

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

green4net GmbH
Kaiserstraße 39
D-60329 Frankfurt/M
Tel.: +49 (0)69 505 027 130
Info[at]green4net.de
www.green4net.de