

Willkommen beim WindMonitor

Wir gratulieren zum Erwerb des WindMonitor und wünschen viele wertvolle Einsichten und hohe Erträge!

WindMonitor ist ein System zur Visualisierung der Betriebs- und Ertragsdaten von Kleinwindanlagen. Das System wird dabei eng in das System integriert und liest aktuelle Daten und den Systemzustand aus. Die Daten werden anschliessend im Web-Browser oder auf dem Smartphone in Echtzeit angezeigt.

Weiterhin werden Daten historisch aufgezeichnet. So wird z. B. die Wind- und Ertragslage auf Jahresebene visualisiert und unterjährig hoch gerechnet.

Neben der reinen Anzeige überprüft das System kontinuierlich den Systemzustand und identifiziert Fehlerzustände und Defekte. Tritt ein Fehler auf, wird der Betreiber per E-Mail informiert.

WindMonitor bietet neben der Anzeige im Web-Browser auch die Möglichkeit Daten per MQTT an eine Home-Automation zu liefern. Das ermöglicht die Realisierung eines "Smart-Home" inklusive der Energieproduktion aus Wind.

Inhalt

Willkommen beim WindMonitor	1
Systemvoraussetzungen	5
Einbau	6
Inbetriebnahme	13
Funktionsprüfung	13
Konfiguration	14
Oberfläche	28
Systemerweiterungen	41
Hilfe und Support	46
CE Konformitätserklärung	47

© 2025 Harald Schlangmann

Liste der Funktionen

- 1. Echtzeitdaten
 - Anzeigen von Wind-, Turbinen-, Brems-, System- und Leistungsdaten
 - Windgeschwindigkeiten in m/s, Knoten, km/h oder Beaufort
 - Anzeige von aktuellen, Spitzen- und Durchschnittswerten
 - Animierte Darstellung von Rotor, Schalterstellungen und Stromfluss



Abbildung: Darstellung der Echtzeitdaten von Wind bis Leistung

2. Ertragsdaten

- Darstellung von historischer Windlage und Ertragsdaten
- · Zeitspannen wählbar zwischen drei Stunden und mehrjährig
- Auswertung und Hochrechnung von Windlage und Ertragsdaten
- Qualifizierte Prognose der Erträge auf Tages- und Jahresebene



Abbildung: Ertragsdarstellung aktueller Tag inkl. Prognose

- 3. Details und Analysen
 - Detaillierte Darstellung und Erläuterung aller Werte und Parameter
 - Auswertung der Leistungs- und Winddaten mit vielen Diagrammen
- 4. Systemüberwachung
 - Monitoring der Systemfunktionen von Wechselrichter, Bremsfunktion und Kopplung Turbine / Wechselrichter
 - Erkennung von Defekten und Fehlern von einzelnen Komponenten und im Zusammenspiel der Komponenten
 - Benachrichtigung des Anlagenbetreibers bei Auftreten von Fehler und wählbaren Ereignissen

- 5. Bremssteuerung
 - Über den Windmonitor erfolgt automatisch wie manuell auch eine Steuerung der im Braun Schaltschrank verbauten Bremse. Im Einzelnen sind das
 - Smart Braking: anstatt die Anlage starr bei 9.5 m/s still zu legen, variiert Smart Braking die Geschwindkeits-Schwelle abhängig von der Wind-Volatilität. Im Ergebnis bedeutet das höhere Erträge bei gleicher Sicherheit
 - Startup Braking: w\u00e4hrend des Startvorgangs und ohne Last durch den Wechselrichter im Stand-By wird die Anlage fr\u00fchzeitig verlangsamt. Das reduziert Ger\u00e4usch-Emmisionen und schont die Anlage
 - Manuelle Bremsung: die Bremse kann über die Oberfläche des Windmonitors eingeschaltet werden. Auch von unterwegs.
 - Integrierte und vollständig programmierbare Fledermausbox die externe Fledermausbox kann aber alternativ weiter genutzt werden
- 6. Wetterdaten
 - Detaillierte Vorhersage der lokalen Windgeschwindigkeiten für die folgenden 48 Stunden, alternative die gröbere Vorhersage für 7 Tage



Abbildung: Vorhersage der Windgeschwindigkeiten und Böen

- 7. Konfiguration
 - Darstellung und Sensor-Konfiguration kann über die Browser-Ansicht angepasst werden
- 8. Live Cam
 - Anzeige einer optionalen Live Cam (setzt RTSP oder HLS Stream voraus)
 - Steuerung von Flutlicht / Spots (setzt Steuerung über Shellys voraus)

Abbildung: Live Cam bei Nacht



Abbildung: Live Cam bei Schnee

- 9. Schnittstellen
 - Alle gängigen Web-Browser Windows, macOS, Linux, iOS, Android
 - · App-Modus auf iOS und Android Smartphones
 - Transfer der Echtzeitdaten auf einen MQTT Server
 - Benachrichtigungen per E-Mail
- 10. Systemfunktionen
 - Update über das Internet
 - Logging
 - Backup-Funktion f
 f
 Konfiguration und Ertragsdaten
 - Offene Architektur

Systemvoraussetzungen

Braun ANTARIS Anlagen mit ABB / Fimer Trio Wechselrichter 5.8, 7.5, 8.5 und Braun Steuerung.

Einbau

WindMonitor arbeitet durchgängig auf Kleinspannungs-Niveau, Sensordaten werden jedoch von der Kleinwindanlage und dem Wechselrichter bezogen. An beiden treten lebensgefährliche Spannungen auf.

Der Einbau muss deshalb durch einen qualifizierten Elektriker / eine qualifizierte Elektrikerin erfolgen. Die Einhaltung aller relevanten Normen und Gesetze muss dabei durch den Installateur sicher gestellt werden. Mit dem Einbau erkennt der ausführende Elektriker / Elektrikerin diese Bedingungen an. Alle Verbindungen müssen im spannungsfreien Zustand der Kleinwindanlage hergestellt werden.

Um unnötige Wege zu vermeiden:

In der Standardkonfiguration benötigt WindMonitor einen LAN Anschluss per Ethernetkabel. Wenn am Installationsort kein Ethernet zur Verfügung steht, muss in einem allerersten Schritt die Einbindung in ein WLAN erfolgen. Dazu bitte das Gerät provisorisch mit Strom versorgen und an einem Ort mit Ethernet die Parameter wifi_country, wifi_ssid, _wifi_password konfigurieren. Details sind im Abschnitt **Konfiguration** beschrieben.



Abbildung Innenleben des WindMonitor (Platine Revision 2)

Verbindungsschema

In der folgenden Abbildung sind alle herzustellenden Leitungen für die **Platinen ab Revision 9** zu sehen. Erläuterung zu den einzelnen Verbindungen ①-⑨ folgen anschliessend. Das Schema für alte Board Versionen findet sich im Anhang.



Abbildung Verbindungsschema WindMonitor

230 V Stromversorgung

Das Netzteil des WindMonitor wird an das 230V Hausnetz angeschlossen ①. Es versorgt die Einheit mit Betriebsspannung.

USB-Verbindung Voltsys Inverter Control Unit

Die Voltsys Control Unit liefert Daten zu Turbine und Wechselrichter. Für die Verbindung sollte das von Voltsys gelieferte USB Kabel verwendet werden. Es wird in einen der **USB Ports** ⁽²⁾ der Hauptplatine gesteckt. Alternativ kann jedes USB 2.0 Datenkabel mit Mini-B und Typ A Steckern verwendet werden. Achtung: die Lage der USB Ports kann von der im Verbindungschema gezeigten Position abweichen.

Sensor Bremszustand

Um den Bremszustand zu erfassen, werden die Anschlüsse +, **Brk** ⑦ mit einem der in der Kleinwindanlagen-Steuerung verbauten Solid State Relais eingangsseitig verbunden. Die Spannungsdifferenz der Relais-Eingänge liegt auf TTL Ebene, gegen Erde zeigen sie aber eine hohe Gleichspannung (>300 V). Der Eingang des WindMonitor ist galvanisch vom Rest der Platine getrennt. Bitte Polarität des Eingangs beachten, er ist am Solid State Relais ersichtlich (A1+, A2-). **Brk** wird dabei mit **A2-**, der Anschluss + mit **A1+** verbunden.



Abbildung Anschluss an das Solid State Relais K4

Sensor Kopplung Wechselrichter (Schütz)

Um die Kopplung von gleichgerichteter Turbinenspannung mit dem Wechselrichter zu erfassen, werden die Anschlüsse **Contactor** (8) mit den entsprechenden potentialfreien Hilfs-Ausgängen

des verbauten Schütz verbunden. Nachdem die Hilfsausgänge des Schütz potentialfrei sind, ist die Polarität egal.

Temperatur-Sensoren Bremse

An die One-Wire-Anschlüsse +, **BTmp**, **GND** (5) können ein oder mehrere Temperatursensoren vom Typ DS18B20 geklemmt werden. Werden mehrere Sensoren verwendet, so sind einfach alle Adern parallel anzuklemmen. Polarität beachten: **rot = +**, **schwarz = GND**, **gelb = BTmp**.

Die Sensoren sind auf der Oberseite des Bremswiderstandes zu befestigen. Hierbei sollte der Metallkörper schlüssig mit dem Metallgehäuse verbunden werden (siehe Beispiel mit Schelle in Abbildung) und das Kabel "frei" und ohne Berührung möglicherweise heißer Teile verlegt werden.

Nach unseren Messungen steigt die Temperatur der Widerstände im Normalbetrieb lediglich um ca. 10 Grad ggü. Raumtemperatur. Bei einer Fehlfunktion (z. B. Wechselrichterausfall) können aber auch Temperaturen bis 100 Grad entstehen. Die genannten Werte dienen lediglich zur Orientierung und können je nach Dimensionierung abweichen.



Abbildung Beispiel Installation Temperatursensor

Windsensor

An den Windsensor-Anschlüssen **WndIn** ⁽⁶⁾ wird ein potentialfreier Ausgang eines Windsensors erwartet. Das Verhältnis Anzahl Impulse / Zeiteinheit zu Windgeschwindigkeit kann per Software konfiguriert werden (siehe wind_sensor_spec_frequency und wind_sensor_spec_speed in der Liste aller Parameter).

Das an **WndIn** erhaltene Rechtecksignal wird zunächst durch ein RC-Glied gefiltert und anschliessend über einen Schmitt-Trigger restauriert. So sind auch Kabellängen jenseits der 100 Meter möglich. WindMonitor nutzt das Signal um die Windgeschwindigkeit aufzuzeichnen.

Zusätzlich wird das aufbereitete Signal über + / **Rptd1** und + / **Rptd2** bis zu zwei weiteren Geräten wie dem Siemens Logo und / oder einer externen Fledermausbox zur Verfügung gestellt. Im Standard-Fall wird der Windsensor der Windkraftanlage an **WindIn** angeschlossen und + / **Rptd1** an **X5 3+4** im Schaltschrank.

Beim Anschluss ist auf die Polarität von **X5 3+4** zu achten. Dazu bitte die Spannung zwischen 3 und 4 messen. Sie wird abhängig von der Windgeschwindigkeit zwischen 0 und 24V liegen. Der positive Anschluss wird mit + verbunden, der negative mit **Rptd1**. Achtung: Verpolung kann zur Zerstörung der Platine führen.

+ / **Rptd 2** kann für die Windmessung der optionalen externen Fledermausbox verwendet werden. Auch hier ist die Polarität zu beachten, + geht an **Wind** an der Fledermausbox und **Rptd2** an \perp . Siehe hierzu die nachfolgende Abbildung.



Abbildung Anschluss von Wind / GND des Windmonitor an die Fledermausbox

Sensor Fledermausbox (optional)

Die Verbindung ist optional. Die **NO** (normally open) Anschlüsse des Relais 1 oder 2 der Fledermausbox werden an die Anschlüssen **Bat** (9) angeschlossen. Die Abbildung oben zeigt den Anschluss an Relais 2 der Fledermausbox. Die Logik ist hier also ggüb. dem direkten Anschluss der Fledermausbox an **X5 3+4** invertiert.

Über die Verbindung erhält WindMonitor die Information zu Flugwetter und schaltet die Bremse entsprechend, siehe hierzu den Anschluss der Bremssteuerung (). Weiterhin wird die Bremsung per Fledermausbox in der Oberfläche visualisiert.

RS-485 Verbindung zum ABB / Fimer Trio 5.8 / 7.5 / 8.5 (optional)

Die optionale Verbindung wird über ein geschirmtes mindestens dreiadriges Kabel und den Schraubklemmen **A**, **B** auf dem RS-485 Modul sowie der dafür vorgesehenen **GND** Klemme hergestellt ③. Die Schirmung wird nur auf der Wechselrichter-Seite verbunden.

Auf der Wechselrichter-Seite wird die RS-485 Schnittstelle auf der Hauptplatine verwendet, nicht die auf der Zusatzkarte (PMU). Diese wird bereits vom Voltsys Inverter Controller verwendet und bleibt unverändert.

Die am Wechselrichter verwendeten Anschlüsse sind **RTN**, **PC** +**T**/**R**, **PC** -**T**/**R**. Die Terminierung der RS-485 Leitung auf der Platine des Wechselrichters ist einzuschalten. Polarität beachten, der Anschluss **A** wird mit +**T**/**R**, der Anschluss **B** wird mit -**T**/**R** verbunden.



Abbildung RS-485 Anschluss auf der Hauptplatine des Wechselrichters

Wenn diese optionale Verbindung nicht verdrahtet wird, werden Ertragsdaten aus der Wechselrichterleistung hochgerechnet. Siehe dazu **(4) Bezug von Ertragsdaten** im **Abschnitt Liste aller Parameter**.

LAN-Verbindung zum lokalen Netzwerk (optional)

Die LAN Verbindung ④ ist für die Installation notwendig, kann im Betrieb aber durch eine WLAN-Verbindung ersetzt werden. Grundsätzlich ist die Verbindung per LAN einer WLAN-Verbindung vorzuziehen. Die Konfiguration der WLAN-Schnittstelle ist im Kapitel **Systemerweiterungen** beschrieben. Achtung: die Lage des LAN Ports kann von der im Verbindungschema gezeigten Position abweichen.

Bremssteuerung

Mit Einführung der Platine mit Revisionsnummer 9 ist die Bremssteuerung Standardfunktion des WindMonitor. Um die Anlage zu bremsen wird der für die Fledermausbox vorgesehene Anschluss **X5 1+2** mit **+ / BrkCtl** ⁽¹⁾ verbunden. Auch hier ist wieder auf die Polarität zu achten! Dazu die Brücke auf **X5 1+2** entfernen und mit einem Multimeter die Polarität von 1 und 2 messen. Der Pluspol wird mit **+** und der Minuspol mit **BrkCtl** verbunden.

Mit der Bremssterung werden die Features **Smart Braking**, **manuelle Abschaltung** der Anlage über die Oberfläche und **Startup Braking** aktiv.

Inbetriebnahme

Nach Anschluss des WindMonitors startet dieser selbständig und erhält vom lokalen Netzwerk per DHCP und über Ethernet eine IP Adresse. Wenn vom Router unterstützt, wird der Name windmonitor.local mit dieser IP Adresse verknüpft. Sollte dieser Name nicht funktionieren, bitte über die Router-Oberfläche die genutzte IP Adresse identifizieren.

Um den WindMonitor einzusehen, bitte einen Web-Browser starten und <u>http://</u> <u>windmonitor.local:8080</u> in die Adresszeile eingeben und am besten gleich als Favorit speichern.

WindMonitor ist primär für den Einsatz in lokalen vertrauenswürdigen Netzwerken vorkonfiguriert. Ändernde Funktionen in der Browser-Oberfläche sind mit einem Passwort geschützt. Das Standard-Passwort für ändernde Funktionen der Browser-Oberfläche befindet sich auf dem Gehäuse bzw. auf einem Zettel in der Verpackung.

Zu den "ändernden Funktionen" gehören die optionale Steuerung von Flutlicht/Spots sowie die Veränderung der in **Konfiguration** beschriebenen Parameter.

Wenn der WindMonitor im Internet erreichbar sein soll und eine öffentliche IP-Adresse erhält, sind Zugriffsmöglichkeiten über das Netzwerk-Management weiter einzuschränken. In jedem Fall müssen die Passwörter für die ändernden Funktionen und den SSH-Zugang (siehe **Systemerweiterungen**) geändert werden!

Es wird empfohlen den WindMonitor nicht per Port-Forwarding etc. zu exponieren und stattdessen über ein VPN auf das lokale Netz (inklusive WindMonitor) zuzugreifen.

Funktionsprüfung

Nach Inbetriebnahme ist zunächst die Funktion zu prüfen.

Dazu den WindMonitor im Browser öffnen und ganz nach unten scrollen. Im Bereich WindMonitor werden alle WindMonitor-Funktionen wie **Sensor Voltsys** aufgelistet. Bitte prüfen, dass hier nirgends **Fehler** gezeigt wird. Für optionale Sensoren wird ggf. **Inaktiv** oder **Nicht** konfiguriert angezeigt, bei allen anderen sollte **OK** erscheinen.

Nachdem einer der vorhandenen Windsensoren über die WindMonitor Platine geschleift wird, bitte ausserdem überprüfen, dass Fledermausbox / Steuerung Kleinwindanlage weiterhin plausible Windmessungen zeigen. Diese werden dabei nicht genau mit den WindMonitor Werten übereinstimmen, müssen aber (bei Wind) größer Null sein.

Konfiguration

Die wichtigsten Parameter für den Anfang

Auch wenn die Liste der Konfigurationsmöglichkeiten lang ist, so kann man den Start doch schnell und unkompliziert gestalten. Die folgenden Parameter müssen nach dem Start gesetzt werden.

Zum Start der Konfiguration im Browser ganz nach unten scrollen und erst **Administration** und anschliessend **Konfiguration** drücken.



Die Parameter werden im Browser mit der unter **Technischer Parameter** gezeigten Benennung aufgelistet. Nach Änderung der Parameter **Speichern** drücken, das System wird anschliessend mit den neuen Werten neu gestartet.

Jeder Parameter ist von einem Typ wie Text (T), Zahl (Z), Wahrheitswert (W) oder Zeitpunkt (D). Für einige komplexere Werte (K) finden sich Fussnoten / Anmerkungen unter den Tabellen. Texte werden in doppelte Anführungszeichen gesetzt, Wahrheitswerte sind entweder **true** oder **false**.

Name	Тур	Technischer Parameter	Wertebereich Erläuterung
Anlagenname	Т	site_name	Ein sprechender Name für die Anlage bzw. den Energiepark. Der Anlagenname wird über der Echtzeitanzeige gezeigt.
Breitengrad	Z	latitude	Breitengrad der Anlage als Dezimalzahl. Positive Zahlen sind nördliche, negative südliche Breitengrade. Die Angabe wird genutzt um lokale Windvorhersagen abzurufen. Bei der Eingabe reichen 2 oder 3 Nachkommastellen.

Name	Тур	Technischer Parameter	Wertebereich Erläuterung	
Längengrad	Z	longitude	Längengrad der Anlage als Dezimalzahl. Positive Zahlen sind östliche, negative westliche Längengrade. Die Angabe wird genutzt um lokale Windvorhersagen abzurufen. Bei der Eingabe reichen 2 oder 3 Nachkommastellen.	
Mail Empfänger Adresse	Т	<pre>mail_receiver_address</pre>	Mail Adresse an die Backups und Benachrichtigungen geschickt werden sollen	
Durchschnittliche Windgeschwindigkeit	z	year_average_wind_spe ed	In den Diagrammen wird zur Orientierung die Prognose der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit angezeigt. Der Wert ist eine Dezimalzahl und wird als m/s (Meter pro Sekunde) interpretiert. Typische Werte liegen zwischen 3 und 6 (m/s).	
Prognose jährlicher Ertrag	Z	yearly_yield	Aus der Anlagengröße und der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit ergibt sich eine jährliche Prognose des Ertrags in kWh. In Diagrammen wird dieser Werte zur Orientierung angezeigt.	
Name des Generators	т	generator_name	Der Name des Generators (wie "Braun ANTARIS 7.5") wird in der Echtzeitdarstellung angezeigt.	
Name des Wechselrichters	т	inverter_name	Der Name des Wechselrichters (wie "ABB Trio 7.5") wird in der Echtzeitdarstellung angezeigt.	
Durchmesser Rotor	Z	rotor_diameter	Durchmesser des Rotors in Metern. Wird für die Berechnung der Geschwindigkeit der Flügelspitzen genutzt.	

Liste aller anderen Parameter

Im Folgenden finden sich alle anderen konfigurierbaren Parameter. Wir empfehlen diesen Abschnitt zunächst zu überspringen und später zurück zu kehren. Die allermeisten der Parameter wird man nicht ändern.

Name	Тур	Technischer Parameter	Wertebereich Erläuterung	
Zeitzone	т	local_tz	Zeitzone, wird für Anzeige und Tagesabgrenzung genutzt	
Belaubungszeit	Т	foliated_months	Aufzählung der Monate in denen es signifikante Belaubung gibt. Wird bei der Analyse des Windschattens genutzt. Beispiel 5-10 oder 5, 6, 7, 8-10.	
Port des Web-Servers	Z	webserver_port	WindMonitor Webserver Port, Standard ist 8080. Der Port 80 ist nicht nutzbar. Für Netzwerkspezialisten: wenn WebMonitor per Port- Forwarding öffentlich zugänglich gemacht werden soll, ist dies der weiterzuleitende Port.	
Port für WebSockets	Z	websocket_port	Zweiter Port der für schnelle Aktualisierungen der Web- Oberfläche im lokalen Netzwerk genutzt wird. Für Netzwerkspezilisten: wenn WebMonitor öffentlich zugänglich gemacht wird (siehe letzten Parameter), dann sollte dieser Port aus Sicherheitsgründen nicht weitergeleitet. Die Aktualisierung der Web-Oberfläche wird dann lediglich langsamer.	

Name	Тур	Technischer Parameter	Wertebereich Erläuterung
Minimal Anzeige-Rate der Browser-Ansicht	Z	<pre>min_frontend_refresh_ seconds</pre>	Minimal Anzahl Sekunden zwischen zwei Aktualisierungen der Browser-Ansicht. Hohe Werte sind nur bei öffentlichen Systemen mit vielen Besuchern notwendig.
IP Adresse eines MQTT Brokers	Т	mqtt_broker	IP4 Adresse des MQTT Brokers, 127.0.0.1 ist der lokale Broker
Name des MQTT Topics für Daten	Т	mqtt_status_topic	MQTT topic unter dem WindMonitor Daten als json abgelegt werden
MQTT Nutzername	Т	mqtt_user	Optionaler Nutzername für MQTT Server
MQTT Passwort	т	mqtt_password	Optionales Passwort für MQTT Server
Minuten Durchschnittsbildung Leistung	Z	wind_sampling_minutes	Anzahl Minuten für die die Durchschnittsbildung für Leistungswerte erfolgt
Anzahl Turbinen Pole	Z	turbine_poles	Anzahl der Sensorpole (nicht Polpaare) des Generators, wird für Berechnung der Umdrehungen pro Minute genutzt
Untergrenze Arbeitsbereich Wind	Z	working_wind_speed_mi n	Untere Grenze des Arbeitsbereichs in m/s, wird in Diagrammen genutzt
Obergrenze Arbeitsbereich Wind	Z	working_wind_speed_ma x	Obere Grenze des Arbeitsbereichs in m/s, wird in Diagrammen genutzt
Kalibrierung Wind Sensor - Geschwindigkeit	Z	wind_sensor_spec_spee d	Windgeschwindigkeit in m/s für eine gegebene Frequenz (z.B. 100 Hz @ 40 m/s)
Kalibrierung Wind Sensor - Frequenz	Z	wind_sensor_spec_freq uency	Frequenz in Hertz für eine gegebene Windgeschwindigkeit (z.B. 100 Hz @ 40 m/s)
Entprellung Windsensor	Z	wind_debouncing_speed	Windgeschwindigkeit in m/s ab der davon ausgegangen wird, dass der Windsensor-Schalter prellt
Kompensation Windmessung	Z	wind_vane_deg	Himmelsrichtung in Grad (0-359) in der sich der Windsensor ggüb. dem Mast befindet. Wenn dieser Wert gesetzt wird, kann WindMonitor die Abschattung durch den Mast bei der Messung der Windgeschwindigkeit kompensieren.
Zeitbereiche falsche Wind-Messungen	K ⁽⁵⁾	wind_samples_invalid	Windmonitors Analysen und Vorhersagen hängen stark von validem Windmessungen ab. Für den Fall, dass der Sensor für bestimmte Zeiten fehlerhafte Werte liefert oder geliefert hat, können diese ausgenommen werden.
Windgeschwindigkeit für Dauerbremsung	Z ⁽⁶⁾	timed_brake_wind_spee d_avg	Mittlere Windgeschwindigkeit bei deren Überschreiten die Anlage abbremst und für mindestens 20 Minuten steht.
Windgeschwindigkeit für Dauerbremsung bei wenig Böen	Z(6)	<pre>no_gust_timed_brake_w ind_speed_avg</pre>	Nur bei aktiver Bremssteuerung (siehe unten): mittlere Windgeschwindigkeit bei deren Überschreiten die Anlage abgebremst und für mindestens 20 Minuten steht - vorausgesetzt der Wind ist nicht stark böig.
Böen Geschwindigkeit für Dauerbremsung	Z ⁽⁶⁾	timed_brake_gust_spee d	Nur bei aktiver Bremssteuerung (siehe unten): Windgeschwindigkeit bei der die Anlage unmittelbar abgebremst wird und für mindestens 20 Minuten steht.
Dauer der Bremsung	Z(6)	timed_brake_duration	Anzahl Minuten für die das System bei hohen mittleren Windgeschwindigkeiten abgebremst wird, Standard ist 20 (Minuten). Hier den gleichen Wert wie am Siemens LOGO setzen.

Name	Тур	Technischer Parameter	Wertebereich Erläuterung
Maximale Windgeschwindigkeit für frühzeitige Freigabe der Bremsung	Z(6)	<pre>timed_release_wind_sp eed_avg</pre>	Eine Dauerbremsung kann frühzeitig beendet werden, wenn die durchschnittiche Windgeschwindigkeit unterhalb dieser Schwelle liegt.
Dauer für die der Wind Vorgaben zur Freigabe der Bremsung unterschreiten muss	Z ⁽⁶⁾	timed_release_duration	Anzahl Minuten die Windgeschwindikeiten unterhalb timed_release_wind_speed_avg und working_wind_speed_max liegen müssen um die Dauerbremsung frühzeitig frei zu geben.
Spannung für Bremsung bei Wechselrichter-Start	Z ⁽⁷⁾	startup_brake_voltage	Spannung (V) bei deren Überschreitung während des Wechselrichter-Starts eine kurze Bremsung erfolgt
Niedrigste Bremswirkung bei Wechselrichter-Start	Z ⁽⁷⁾	startup_brake_min	Bremswirkung die während des Wechselrichter-Starts beim Überschreiten von startup_brake_voltage angewandt wird; 0.1 steht für 10%
Höchste Bremswirkung bei Wechselrichter-Start	Z ⁽⁷⁾	startup_brake_max	Bremswirkung die während des Wechselrichter-Starts beim Erreichen von turbine_voltage_brake angewandt wird; 0.2 steht für 20%
Wind geschwindigkeit für Bremsung bei Wechselrichter-Start	Z ⁽⁷⁾	startup_wind_speed	Windgeschwindigkeit (m/s) bei deren Überschreitung während des Wechselrichter-Starts eine kurze Bremsung erfolgt
Shelly IP für Bremssteuerung	T (5)	brakectl_ip	IP Adresse eines optionalen Shelly zur Steuerung der Bremse, ab Platine Revision 9 wird diese Funktion direkt über die WindMonitor-Platine gesteuert. Weitere Infos (5) finden sich im Anhang zu alten Platinen- Versionen.
Shelly Generation für Bremssteuerung	T (5)	brakectl_actor	Generation des zur Bremssteuerung genutzten Shelly, entweder ShellyGen1 oder ShellyGen2.
Fledermausbox hinter Bremssteuerung	W	brakectl_bat	Sagt aus, ob eine optionale Fledermausbox an den Eingang des Shellys zur Bremssteuerung angeschlossen ist.
Interne Fledermausbox	W(8)	internal_bat_protecto r	Durch Eingabe von true wird die interne Fledermaus- Schutzfunktion aktiviert.
Bedingungen Flugwetter	T(8)	<pre>bat_protector_conditi on</pre>	Bei Aktivierung der internen Fledermausbox wird die hier definiert Formel zur Ermittlung von Flugwetter genutzt.
Beschreibung des Standorts im Abschaltbericht	T(8)	<pre>bat_protector_address</pre>	Leer oder ein Text mit einer Adresse. Zeilenumbrüche werden dabei per "\n" definiert - siehe Beispiel unten.
Live Chat Support	w	chat	Wenn auf true gesetzt, wird bei entfernten Zugriffen auf die Browserseite ein Live Chat angeboten. Bei lokalem Zugriff können entsprechend Chat Nachrichten beantwortet werden. Nur sinnvoll, wenn die Browserseite öffentlich zugänglich ist.
URL zu HLS / RTSP Video Stream	T ⁽³⁾	live_video_url	Optionale URL zu einem HLS Video Stream, ended typischerweise mit .m3u8; alternativ kann eine vollständige RTSP URL angegeben werden
Anzahl Tage für Ereignisse	Z	event_days	Anzahl der Tage für die Ereignisse gespeichert bleiben. Ereignisse die älter als die angegeben Anzahl an Tagen sind, werden gelöscht.
Steuerung von Flutlicht / Spots	K ⁽¹⁾	lights	Optionale Liste von per Shellys steuerbaren Spots

Name	Тур	Technischer Parameter	Wertebereich Erläuterung
Password für ändernde Funktionen	Т	_secret	Passwort das bei allen ändernden Zugriffe auf WindMonitor abgefragt wird
Automatisches Backup	Z	backup_days	Anzahl an Tagen bevor das nächste automatischen Backup versendet wird; aktiv sobald Wert ungleich null ist
MQTT Prefix für Shelly 3EM Smartmeter	T ⁽⁴⁾	smartmeter_prefix	Wenn ein Shelly 3EM als Erntezähler installiert ist, kann hier der MQTT Prefix definiert werden; dieser hat die Form "shellies/shelly3em-XXXXX"
RS485 Adresse	Z ⁽⁴⁾	rs485_address	RS485 Adresse des Wechselrichters, im Normalfall 2
Alternativer SMTP Server	Т	smtp_host	Optionaler Parameter wenn ein eigener SMTP Server eingesetzt werden soll.
Alternativer SMTP Port	Z	smtp_port	Siehe <pre>smtp_host sowie den Abschnitt Privacy</pre>
Alternativer SMTP User	Т	smtp_login	Siehe mtp_host sowie den Abschnitt Privacy
Alternatives SMTP Passwort	Т	smtp_password	Siehe <pre>smtp_host sowie den Abschnitt Privacy</pre>
WLAN Ländereinstellung	Т	wifi_country	Zweistelliger Ländercode für die Auswahl der lokal zulässigen WLAN Frequenzen; Standard ist DE
WLAN Name / SSID	Т	wifi_ssid	Name eines vorhandenen WLAN Netzwerks; optional als Ergänzung zur Verbindung per LAN-Kabel; null deaktiviert die WLAN Funktion
WLAN Passwort	Т	_wifi_password	Zugehöriges WLAN Passwort; kann null sein, wenn es sich um ein offenes WLAN handelt
Regeln zu Benachrichtigungen	K ⁽²⁾	notify_rules	Regeln zur Benachrichtigung bei auftretenden Ereignissen
Ignorierte Fehlerfälle	K ⁽²⁾	ignored_errors	Liste von Fehlern die WindMonitor <i>nicht</i> prüfen und anzeigen / benachrichtigen soll.
Öffentliche Adresse WindMonitor	Т	public_address	Optionale öffentliche Browser-Adresse des WindMonitor - erfordert Port-Forwarding und bekannte IP Adresse
Start-Spannung Wechselrichter	Z	inverter_start_voltag e	Vstart Spannung wie im Wechselrichter konfiguriert, wird für Systemprüfung genutzt
Maximal erlaubte Spannung der Turbine	Z	turbine_voltage_max	Maximal erlaubte Turbinenspannung UÜ , wird für Systemprüfung genutzt
Spannung Bremsung	Z	turbine_voltage_brake	Spannung UL bei der die elektrische Bremse zugeschaltet wird, wird für Startup Braking genutzt
Maximale Spannung Wechselrichter	Z	inverter_voltage_max	Maximal erlaubte Wechselrichterspannung, wird für Systemprüfung genutzt
Maximale Temperatur Bremswiderstand	Z	brake_temperature_max	Maximal erwartete Temperatur des Bremswiderstand, wird für Systemprüfung genutzt
Minimale Netzfrequenz	Z	ac_frequency_min	Minimale Netzfrequenz, wird für Systemprüfung genutzt
Maximale Netzfrequenz	Z	ac_frequency_max	Maximale Netzfrequenz, wird für Systemprüfung genutzt
Minimaler Wind für Turbinenstart	Z	<pre>turbine_start_wind_sp eed_avg</pre>	Windgeschwindigkeit in m/s ab der Turbinendrehzahl erwartet wird, wird zur Erkennung einer Anlagenstilllegung genutzt

Name	Тур	Technischer Parameter	Wertebereich Erläuterung		
Anzeigedauer Bremsungen und Fehler	Z	braked_and_error_samp ling_minutes	Anzahl Minuten für Anzahl von Bremsungen und Fehle angezeigt werden		
Spannung Turbinen/ Wechselrichter Kopplung	Z	contactor_engage_volt age	Spannung bei der die Verbindung zwischen Turbine und Wechselrichter hergestellt wird		
Spannung Turbinen/ Wechselrichter Entkopplung	Z	contactor_disengage_v oltage	Spannung bei der die Verbindung zwischen Turbine u Wechselrichter getrennt wird		
Restspannung bei Rotorstillstand	Z	rotor_stopped_voltage	Restspannung unterhalb der angenommen werden kann, dass der Rotor zum Stillstand gekommen ist		

Anmerkungen

(1) Beispiel für die Definition von Flutlichter / Spots:

```
"lights": [
     {
           "label": "Spot",
           "on_label": "An",
           "off label": "Aus",
           "actor": "ShellyGen1",
           "ip": "192.168.1.78"
     },
      {
           "label": "Reitplatz",
           "on label": "An",
           "off label": "Aus",
           "actor": "ShellyGen2",
           "ip": "192.168.1.28",
           "disabled": true
     }
1
```

Mit dieser Definition werden zwei Spots definiert. Sie werden im Abschnitt **Steuerung** als "Spot" und "Reitplatz" angezeigt. Die Buttons für an und aus werden jeweils als "An" und "Aus" angezeigt. Die Steuerung erfolgt beim ersten Spot über einen Shelly 1 PM mit der IP Adresse 192.168.1.78. Der zweite Spot (Reitplatz) wird über einen Shelly 1 Plus mit IP 192.168.1.28 gesteuert. Mit der Auswahl von Generation 1 und 2 können die meisten Shelly Modelle genutzt werden, bei Unklarheit bitte gerne unseren Support kontaktieren. Zuletzt bedeutet disabled, dass der Spot am Reitplatz temporär von der Anzeige ausgenommen wird. Diesen Parameter kann man nutzen, wenn z. B. ein Spot aktuell nicht verfügbar ist, später aber wieder aktiviert werden soll.

(2) Beispiel für die Regeln zu Benachrichtigung:

```
"notify_rules": [
        {
            "parameter": "overall_status",
            "to_value": "ERROR",
            "message": "Das System meldet einen Fehler"
        },
        {
            "parameter": "brake_status",
            "to value": "TIMED",
```

```
"message": "Das System wurde abgebremst ..."
},
...
]
```

Mit der gezeigten Definition erfolgt eine Benachrichtigung wenn der Gesamtstatus zu ERROR wechselt oder aber die Bremse dauerhaft wegen zu hoher Durchschnittsgeschwindigkeit zugeschaltet wird. Die Benachrichtigung erfolgt als e-Mail über die als "Mail SMTP" gelisteten Parameter.

Der Text unter message wird in die Benachrichtigung aufgenommen. Ausserdem wird - wenn definiert - die "Öffentliche Adresse WindMonitor" (public_address) hinzugefügt um von der Mail aus direkt in die WindMonitor Ansicht wechseln zu können.

Neben to_value kann auch from_value angegeben werden. Werden beide Werte definiert, so erfolgt eine Und-Verknüpfung. Zuletzt kann ein Eintrag zeitweise per disabled abgeschaltet werden ohne ihn zu löschen.

Wenn Benachrichtigungen bei Wertänderungen erfolgen sollen, dann kann statt to_value und from_value auch value_change verwendet werden:

```
{
    "parameter": "overall_status",
    "value_change": "ANY",
    "message": "Das System meldet einen Fehler"
}
```

In diesem Fall wird bei jeder Änderung eine Nachricht geschickt. Neben ANY kann für numerische Werte auch INCREASE und DECREASE verwendet werden. Wenn value_change in einer Regeln verwendet wird, werden to_value und from_value ignoriert.

Für den Fall, dass einzelne Fehler nicht geprüft (und eine entsprechende Benachrichtigung auch nicht erfolgen soll), kann per ignored_errors eine Negativ-Liste von Fehlern angegeben werden. Erlaubte Werte sind "BRAKEHOT", "ACFREQUENCY", "INVERTERFAILURE", "INVERTEROVERVOLTAGE", "CONTACTORFAILURE", "TURBINEOVERVOLTAGE", "WORKERERROR" sowie alle anderen Werte die in den **Ereignissen** in der Spalte Typ angezeigt werden. Sollen mehrere Fehler ignoriert werden, werden die Textwerte per Komma getrennt. Beispiel: ["CONTACTORFAILURE", "TURBINEOVERVOLTAGE"].

(3) URLs für Live Cam Stream

Im Idealfall stellt eine IP Cam einen sogenannten HTML5 bzw. HLS Stream zur Verfügung. Dieser erlaubt eine Darstellung des Live Bildes der Cam in allen modernen Browsern. Um einen solchen Stream zu nutzen, wird er in der Form

http://<IP>:<PORT>/<PFAD>.m3u8

in die Konfiguration eingetragen. Wie die URL genau aussieht, bitte im Handbuch / Internet recherchieren - das hängt vom Modell und Hersteller der Cam ab.

Die meisten IP Cams bieten einen solchen HLS Stream allerdings nicht an, stattdessen liefern sie einen sogenannten RTSP Stream. Will man einen solchen Stream im WindMonitor einbetten, muss eine kontinuierliche Konvertierung von Frames aus dem RTSP Stream in einen HLS Stream erfolgen.

Wir haben im WindMonitor eine entsprechenden Service zur Konvertierung vorinstalliert, er wird bei Angaben eines RTSP Streams in live_video_url automatisch gestartet.

Eine sichtbare zeitliche Verzögerung von 20 bis 30 Sekunden ist mit den unterstützen Verfahren leider nicht weiter zu reduzieren, konkret bekommt man bei Nutzung eines HLS oder RTSP Stream also keine Live-Cam, sondern eine fast-Live-Cam.

Ähnlich wie beim HLS Stream ist das Format eines RTSP Stream auch abhängig vom Hersteller und dem Kamera Modell. Bei dem hier gezeigten Beispiel handelt es sich um eine Reolink 4K Outdoor Kamera mit 5-fachem optischen Zoom. Letzteres ermöglicht es die Kamera relativ weit weg vom Mast zu positionieren. Die weiter vorne gezeigten Bilder sind auf eine Distanz von 80 Metern aufgenommen.

rtsp://<USER>:<PASSWORD>@<IP>:554/h264Preview 01 sub

Die Abschnitte <USER>, <PASSWORD> und <IP> werden entsprechend der eigenen Konfiguration ersetzt. Nachdem es bei der URL etliche Fehlermöglichkeiten gibt, bitten wir die Funktion des RTSP Streams vor Eingabe in WindMonitor zu testen. Dazu installiert man die freie Anwendung VLC und startet sie. Hier trägt man nun unter File + Open Network (englische Installation) die eigene RTSP Stream URL ein. Nach einigen Sekunden sollte in VLC nun das Live-Bild erscheinen.

Unabhängig vom verwendeten Stream dauert es nach der Änderung / Eingabe der Konfiguration von live_video_url etwas bis das Bild im Browser erscheint. In jedem Fall bitte die Browser Seite neu laden um das Video eingeblendet zu bekommen.

(4) Bezug von Ertragsdaten

WindMonitor ermittelt die Ertragsdaten über eine von drei Quellen:

- 1. Ein als Erntezähler installiertes Shelly 3EM Smartmeter per MQTT.
- 2. Per RS485 Schnittstelle vom Wechselrichter.
- 3. Durch Summation der von der Voltsys Inverter Control Unit gelieferten aktuellen Leistungswerte.

Die Quellen haben dabei jeweils Vor- und Nachteile und benötigen eine passende Konfiguration. Stehen mehrere Quellen zur Verfügung wird jeweils die oben zuerst genannte Quelle priorisiert.

Um ein **Shelly Smartmeter** zu nutzen, wird dieses als Erntezähler installiert. D.h. es wird zwischen Wechselrichter und Hausnetz eingebaut. Nachdem Messwerte des Shelly bei "Verbrauch" positiv sind, werden die Messzangen so angeordnet, dass negative Werte erscheinen. Diese werden dann entsprechend als "Produktion" interpretiert. Die Daten werden per MQTT empfangen. Entsprechend wird das Shelly Smartmeter so konfiguriert, dass Messdaten per MQTT auf den im WindMonitor vorinstallierten MQTT Broker publiziert werden. Abschliessend wird der Parameter smartmeter prefix im WindMonitor konfiguriert (siehe Liste).

Vorteile des Shelly Smartmeters sind hohe Messgenauigkeit, Installation ohne zusätzliche Verkabelung am WindMonitor und Wechselrichter. Nachteile sind das zusätzliche Gerät sowie die Installation im Niederspannungsnetz sowie die genannten zusätzlichen Konfigurationsschritte.

Um den Ertragszähler des Wechselrichters zu nutzen, wird eine RS485 Verbindung zwischen Wechselrichter und WindMonitor hergestellt. Die Installationsanleitung findet sich im Abschnitt Einbau. Sollte die Wechselrichter RS485 Adresse vom Standardwert 2 abweichen, ist das entsprechend im Parameter rs485_address nachzuführen.

Dies ist die Standardkonfiguration mit der WindMonitor eingesetzt wird. Vorteile sind die hohe Messgenauigkeit, der Plug&Play Charakter und zuletzt, dass keine Zusatzkomponenten benötigt werden. Der einzige "Nachteil" ist die notwendige Verkabelung zwischen Wechselrichter und WindMonitor.

Die **Berechnung des Ertrags aus aktuellen Leistungswerten** wird dann verwendet, wenn weder eine Shelly Smartmeter, noch die Anbindung des Wechselrichters per RS485 erfolgt.

Der Vorteil ist, dass dies ohne jegliche Installation oder Konfiguration erfolgt, der Nachteil ist die geringere Genauigkeit der Messung. Wichtig: Erträge werden bei diesem Verfahren nur gemessen, wenn der WindMonitor läuft. Bei Ausfallzeiten gehen die Erträge für diesen Zeitraum mit Null in die Ertragsbilanz ein.

(5) Falsche Wind-Messungen

Für den Fall, dass der Windsensor in bestimmten Zeitstrecken defekt war oder unzuverlässige Daten geliefert hat, können mit diesem Parameter Zeiten von Analysen ausgenommen werden. Der Parameter wind_samples_invalid ist eine Liste von Zeitstrecken. Eine Zeitstrecke kann dabei drei Formen annehmen:

```
{ "from": <Zeitstempel>, "to": <Zeitstempel> }
{ "from": <Zeitstempel> }
{ "to": <Zeitstempel> }
```

Die Zeitstempel sind jeweils Sekunden seit dem 1.1.1970 0:00, die sogenannten Epoch-Sekunden. Sucht man diese Sekunden zu einem bestimmten Datum kann man beispielweise <u>https://www.epochconverter.com/</u> zur Berechung nutzen. Danach resultiert z. B. für den Zeitpunkt 22.3.2025 14:00:00 in der GMT+1 Zeitzone ein Wert von 1742650200. Will man Messungen ab diesem Zeitpunkt ausschliessen, setzt man wind samples invalid wie folgt:

"wind samples invalid": [{"from": 1742650200}]

(6) Smart Braking

Das unmodifizierte Sicherheitssystem der Braun Kleinwindanlage beinhaltet eine Abbremsung der Anlage für 20 Minuten wenn die durchschnittliche Windgeschwindigkeit über einen Wert von 9.5 m/s steigt. Beide Werte können an der Siemens Logo verändert werden.

Solange dieses Sicherheitssystem unverändert genutzt wird, werden die Parameter timed_brake_wind_speed_avg auf 9.5 und timed_brake_duration auf 20 gesetzt. Werden die Werte am Logo verändert, sollten die Werte konsistent angepasst werden um WindMonitor zu ermöglichen den Wiederanlauf vorherzusagen. Mit Smart Braking greift WindMonitor analog zum Siemens Logo abhängig von den Windverhältnissen aktiv und automatisch in die Bremssteuerung ein.

Die Idee des Smart Braking ist, dass die Durchschnittsbildung der Siemens Logo zwar in einer guten Näherung für eine durchschnittliche Anlagenbelastung resultiert, dabei aber nicht differenziert ob der Wind relativ homogen oder böig ist:

- Ist der Wind homogen und nicht böig, ist eine Abbremsung bei 9.5 m/s deutlich zu früh. Die Anlagenleistung ist ja erst ab 11 m/s maximal und sollte selbst bei einer so hohen Windgeschwindigkeit genutzt werden.
- Treten plötzliche, sehr starke Böen auf (z. B. bei Gewitter) auf, sollte nicht erst ein langsames Anwachsen der Durchschnittsgeschwindigkeit abgewartet werden um abzubremsen, sondern die Anlage unmittelbar abgebremst werden.

Smart Braking wird aktiviert, indem per no_gust_timed_brake_wind_speed_avg eine zusätzliche durchschnittliche Windgeschwindigkeit konfiguriert wird. Bei böigem Wind wird weiterhin der Schwellwert in timed_brake_wind_speed_avg verwendet, bei keinen oder leicht böigem Wind aber stattdessen der Wert no_gust_timed_brake_wind_speed_avg. WindMonitor ermittelt den Grad der Böigkeit dabei automatisch aus den Wind-Messwerten.

Beispiel: für die Bremsung bei böigem Wind wird weiterhin 9.5 m/s verwendet, bei nicht oder leicht böigem Wind jedoch 10.5 m/s. timed_brake_wind_speed_avg bleibt dann bei 9.5 (m/ s), no_gust_timed_brake_wind_speed_avg wird auf 10.5 (m/s) gesetzt. Ausserdem wird der Wert am Logo auf 10.5 oder 11 (m/s) gesetzt. Der Logo bleibt dann als Backup aktiv.

Um die sofortige Abschaltung bei starken Böen zu aktivieren, wird timed_brake_gust_speed auf einen Wert ungleich null gesetzt, z. B. 16 (m/s).

Analog zum Smart Braking gibt es auch ein Smart Release: unterschreitet die durchschnittliche Windgeschwindigkeit für timed_release_duration Minuten timed_release_wind_speed_avg m/s und treten in dieser Zeit keine Böen größer

working_wind_speed_max auf, so wird die Dauerbremsung frühzeitig (siehe timed brake duration) aufgehoben.

(7) Startup Braking

Der Wechselrichter der Kleinwindanlage geht nach einer einstellbaren Zeit der Nicht-Benutzung in einen Standby-Modus. Läuft die Anlage in dieser Situation an, benötigt der Wechselrichter mehrere Minuten um das Netz zu testen und sich zu synchronisieren. In dieser Phase läuft der Generator lastfrei und dreht bereits bei Windgeschwindigkeiten von 5 oder 6 m/s sehr hoch häufig auch in die Bremsung bei Überspannung. Nachdem bei nur 5 oder 6 m/s die Windgeräusche (Bäume, andere Hindernisse) noch recht gering sind und die Anlage nicht übertönen, erzeugt die Anlage in dieser Synchronisationsphase also eine auffällige und ggf. unabgenehme Geräuschkulisse.

Per Startup Braking wird der Generator in dieser Phase bereits bei einem Spannungsniveau von ca. 270 V leicht eingebremst, extremes Hochlaufen wird damit vermieden. Die Parameter startup_brake_voltage, startup_brake_min, startup_brake_max und startup_wind_speed erlauben eine Justierung dieser Bremsung.

startup_brake_voltage ist dabei die Spannungsschwelle ab der eine Bremsung erfolgt. Die Bremsintensität ist bei dieser Schwelle startup_brake_min. Für den Fall, dass die Bremsung zu stark / früh erfolgt und die Spannung in Folge unter 250 V fällt (siehe inverter_start_voltage), verzögert das die Netzsynchronisation des Wechselrichters. In diesem Fall muss der Wert für startup_brake_voltage angehoben, oder der für startup_brake_min abgesenkt werden. Für den umgekehrten Fall, wenn die Bremsung also zu schwach ist und der Generator zu weit hoch läuft, wird der Wert entsprechend reduziert.

Die angewandte Bremswirkung beginnt bei startup_brake_min und steigert sich bis zur Spannung X auf startup_brake_max. Umso weiter die untere Spannungsschwelle überschritten wird, umso höher ist die eingesetzte Bremswirkung (lineare Interpolation).

Der Parameter startup_wind_speed wird vor einer Bremsung zusätzlich geprüft: ist die Windgeschwindigkeit zum Zeitpunkt der Bremsung unter diesen Wert gefallen, wird die Bremsung unterbunden. Damit wird vermieden, dass die Anlage überbremst wird.

(8) Interner Fledermausschutz

WindMonitor implementiert eine vollständige Fledermausschutzfunktion. Voraussetzung für die Funktion ist wiederum eine Ausstattung des WindMonitor mit der **Externen Steuerung der Bremse**.

Bei Aktivierung per internal_bat_protector wird eine konfigierbare Formel bat_protector_condition zur Ermittlung von Flugwetter regelmässig ausgewertet. Wenn Flugwetter festgestellt wird, wird die Anlage über die externe Steuerung der Bremse stillgelegt.

Die Formel ist ein Python Formel mit vorbereiten Parameter-Werten. Wenn z. B. in der Baugenehmigung / Umweltschutzbehörde die Bedingung

Die Windenergieanlage ist im Zeitraum vom 01.06. bis 31.08. in der Zeit von 1 Stunde vor Sonnenuntergang bis 1 Stunde nach Sonnenaufgang bei folgenden Witterungsbedingungen abzuschalten:

- Windgeschwindigkeiten in Gondelhöhe unterhalb von 6m/s
- Lufttemperatur höher 10°C
- Niederschlagsfreiheit, d.h. eine Niederschlagsintensität von weniger als 0,5 mm/h

Bei Regenfällen darf die Anlage unabhängig von den o.g. Einschränkungen betrieben werden.

definiert ist, so definiert man bat_protector_condition als

month>=6 and month<9 and (now<sunrise+dhour or now>sunset-dhour)
and windspeed<6 and temperature>10 and not raining

Erläuterung der vorbereiteten Parameter:

Name	Тур	Technischer Parameter	Wertebereich Erläuterung		
Monat zum Zeitpunkt der Auswertung	Z	month	Eine Zahl von 1 bis 12 für Januar bis Dezember. Wird genutzt wenn Flugwetter abhängig vom Kalendermonat definiert wird.		

Name	Тур	Technischer Parameter	Wertebereich Erläuterung
Zeitpunkt der Auswertung	D	now	Der Zeitpunkt für den Flugwetter ermittelt wird. Das ist entweder der aktuelle Zeitpunkt wenn die Anlage in Echtzeit gesteuert wird, oder eine Zeitpunkt in der Vergangenheit wenn ein Report erstellt wird.
Sonnenaufgang	D	sunrise	Vordefinierter Zeitpunkt des Sonnenaufgangs am Tag der Auswertung; der Wert kann mit now vergleichen und mit dhour / dminute addiert und subtrahiert werden.
Sonnenuntergang	D	sunset	Vordefinierter Zeitpunkt des Sonnenuntergangs am Tag der Auswertung; der Wert kann mit now vergleichen und mit dhour / dminute addiert und subtrahiert werden.
Anzahl Stunden Differenz	D	dhour	Delta-Wert für Datum. sunrise + 3*dhour ist z. B. der Zeitpunkt drei Stunden nach Sonnenaufgang.
Anzahl Minuten Differenz	D	dminute	Delta-Wert für Datum. sunrise – 15*dminute ist z. B. der Zeitpunkt fünfzehln Minuten vor Sonnenaufgang.
Windgeschwindigkeit zum Zeitpunkt der Auswertung	Z	windspeed	Gemessene Windgeschwindigkeit zum Zeitpunkt der Auswertung; Werte in der Vergangenheit werden stündlich gespeichert.
Temperatur zum Zeitpunkt der Auswertung	Z	temperature	Aussentemperatur aus Wettervorhersage; Werte in der Vergangenheit werden stündlich gespeichert.
Regen	W	raining	Regen zum Zeitpunkt der Auswertung; der Parameter ist aktuell zwar vorgesehen, mangels Messadaten aber stets false.

Zuletzt erstellt WindMonitor Reports über Abschaltzeiten beliebiger Zeitabschnitte. Die Reports werden aktuell per Aufruf mit dem Browser ermittelt, z. B. erstellt

http://windmonitor.local:8080/batprotectorreport?year=2024

einen Report für das Jahr 2024.

Von einer Eingabeaufforderung / Kommandozeile wäre ein passendes Kommando zur Erstellung des Reports

Das Format der erstellten CSV Datei lehnt sich dabei an das der Braunschen Fledermausbox an. Der Name des Standortes kann über den Parameter bat_protector_address definiert werden, im Beispiel wäre das "Harald Schlangmann\nSiegum 5\n24960 Munkbrarup". Das Beispiel zeigt einen Ausschnitt in dem dokmentiert ist, dass die Anlage am 31.5.2024 von 0:00 und 6:00 auf Grund von Flugwetter stillgelegt war.

Bat Protector	:	WindMonitor 1.11.0					
URL	:	http://windmonitor.gps-laptimer.de					
Standortname	:	Harald Schlangmann					
		Siegum5					
		24960 Munkbrarup					
Тур	Nummer	Datum	Uhrzeit	Wind	Temp.	Relais	Ereignis
D	1	2024.01.01	00:00	3,2	6,8	R=00	
D	2	2024.01.01	01:00	2,9	6,8	R=00	
D	3	2024.01.01	02:00	3,1	6,8	R=00	
D	4	2024.01.01	03:00	2,9	5,9	R=00	
D	3645	2024.05.31	22:00	0,5	17,8	R=00	
D	3646	2024.05.31	23:00	0,7	17,1	R=00	
E	3647	2024.06.01	00:00	0,6	16,1	R=11	Fledermaus Flugwetter
D	3648	2024.06.01	01:00	1,1	16,0	R=11	
D	3649	2024.06.01	02:00	2,0	15,7	R=11	
D	3650	2024.06.01	03:00	1,2	15,1	R=11	
D	3651	2024.06.01	04:00	1,0	14,7	R=11	
D	3652	2024.06.01	05:00	1,0	14,6	R=11	
E	3653	2024.06.01	06:00	1,2	15,5	R=00	Kein Programm aktiv!
D	3654	2024.06.01	07:00	0,9	16,6	R=00	
D	3655	2024.06.01	08:00	1,5	17,8	R=00	
D	3656	2024.06.01	09:00	1,9	19,5	R=00	

Abbildung Beispiel CSV Export

Oberfläche

Start

Wie bereits bei der Inbetriebnahme geschrieben, findet man die Oberfläche von WindMonitor nach Eingabe von <u>http://windmonitor.local:8080</u> im Browser. Wir testen mit den Internet-Browsern Microsoft Edge, Gogle Chrome und Apple Safari, die Darstellung unterscheidet sich jeweils leicht.

Die Oberfläche nutzt abhängig von der Größe des Broswerfensters einen ein- oder mehrspaltige Ansicht. So erhält man das gewünschte Format sowohl für Smartphone als auch am PC / Laptop. Sollte der Text zu gross aussehen, bitte die Darstellung mit Steuerung + Minus (bzw. Plus) anpassen / zoomen.

Echtzeitdarstellung

Die Echtzeitdarstellung befindet sich in der Browser-Ansicht ganz oben und zeigt den aktuellen Anlagenstatus. Oben rechts sind die Winddaten zu sehen. Es werden immer drei Werte angezeigt: die aktuelle Windgeschwindigkeit ist im Bild unten in gross zu sehen. Links daneben sieht man den Durchschnittswert sowie zuletzt erreichte Maxima (Spitzen).



Der Zeitraum für den der Durchschnittswert gebildete und der Maximalwert ausgewertet wird ist in der Konfiguration einstellbar (wind_sampling_minutes). Der Standardwert beträgt 2 Minuten.

Nachdem die Windwerte und die ganz unten dargestellte aktuelle Anlagenleistung sehr stark fluktuiert, kann man entscheiden ob aktuelle Werte oder Durchschnittswerte gross dargestellt werden. Dies erfolgt über die beiden Buttons unten rechts (Aktuell / Schnitt).

Die Windwerte werden farblich qualifiziert. Grau sind niedrige Werte bei denen die Anlage oft gar nicht läuft, siehe Konfiguration (working_wind_speed_min). Rot wird für Werte oberhalb des Arbeitsbereichs, orange für solche knapp darunter verwendet. Werte im Normalbereich werden blau dargestellt. Der "Arbeitsbereich" hängt davon ab ob es sich um aktuelle oder Durchschnittswerte handelt: für aktuelle Windstärken und Böen ist hier der Wert working_wind_speed_max relevant. Oberhalb dieses Wertes wird die Anlage kurz abgebremst oder in Helikopterstellung gebracht. Für Durchschnittswerte orientiert sich der Arbeitsbereich an dem Wert

timed_brake_wind_speed_avg. Überschreitet die Durchschnittsgeschwindigkleit des Windes diesen Wert, wird die Anlage für 20 Minuten oder mehr abgebremst.

Die Einheit der Windstärken lässt sich unten links über die Buttons m/s, Knoten, km/h etc. auswählen. Über das Fragezeichen erhält man Umrechnungstabellen.

Links neben dem Wind ist die Turbine mit Umdrehungen pro Minute zu sehen. Die Turbine wird wiederum farblich gekennzeichnet: grau im Stillstand, grün in Normalbetrieb und rot bei zu hohen Drehzahlen. Die Turbine wird abhängig von der Windgeschwindigkeit animiert.

Der grosse grau hinterlege Kasten repräsentiert die Anlagensteuerung. Die Elemente sind von Turbine links oben zu Wechselrichter rechts unten die Folgenden: Hauptschalter (grün), Gleichrichter (grün), Status Kopplung Turbine / Wechselrichter (grün). Zusätzlich wird der Systemstatus (Chip in grün) und die Turbinenspannung (grau/orange/grün/rot) dargestellt.

In der Abbildung unten rechts ist der Status der Bremse zu sehen. Sowohl der Bremsschalter als auch der Bremswiderstand werden (in grau) angezeigt. Im Bremswiderstand wird die aktuelle gemessene Temperatur angezeigt (15°C). Sind mehrere Temperatursensoren installiert werden sie hier aufgelistet. Die Bremse wurde gerade 5 mal aktiv, das wird durch das gelbe Dreieck gezeigt.

Zuletzt erscheint unten rechts den Wechselrichter (grün) ausserhalb der Steuerung. Analog zur Darstellung von aktueller und durchschnittlicher Windgeschwindigkeit wird hier die aktuelle Leistung und die durchschnittliche Leistung angezeigt.

Die Leitungen repräsentieren die Wechselspannung von Turbine bis Gleichrichter in schwarz und Gleichspannung von Gleichrichter bis Wechselrichter in orange / blau. Sobald für die entsprechenden Leitungen ein Stromfluss gemessen wird, werden auch diese Leitungen animiert. Gleiches gilt für die Leitung zum Bremswiderstand bei eingeschalteter Bremse.

Die einzelnen Komponenten wechseln abhängig vom Status die Farbe. Hierbei gilt generell, dass grau "inaktiv", grün "Normalbetrieb" und rot "Fehler" bedeutet. Orange wird für den aktiven Bremswiderstand alternativ zu grün verwendet. Einige Komponenten erhalten abhängig von Zustand noch einen Zusatz. Die folgende Liste erläutert die jeweilige Bedeutung.



Wenn die Turbine still steht, wird sie grau dargestellt. Im Normalbetrieb erscheint sie in grün und zeigt die aktuelle Drehzahl. Wenn eine zu hohe Drehzahl festgestellt wird, wird die Turbine rot.



Status des Hauptschalters rot bedeutet, dass die Turbine kurzgeschlossen und die Anlage damit stillgelegt ist.



Beim Gleichrichter wird lediglich signalisiert ob aktuell Strom fließt (grün) oder nicht.



Bei der Kopplung Turbine / Wechselrichter werden drei Fälle unterschieden: wenn der entsprechende Schütz geöffnet ist, sind Turbine und Wechselrichter nicht gekoppelt und die Anzeige ist grau. Dieser Zustand besteht z. B. wenn die Anlage stillsteht. Bei geschlossenen Schütz und laufendem System ist die Anzeige grün. Wenn der Schütz wegen Überspannung im laufenden Betrieb geöffnet wurde, wird er rot angezeigt.



Solange der Wechselrichter nicht produziert wird er grau dargestellt. Wenn zusätzlich das Schlummer-Symbol erscheint, dann hat sich der Wechselrichter vom Netz getrennt und ist im Stand-By Modus. Das Uhrenglas signalisiert, dass der Wechselrichter aktuell die Verbindung zum Netz herstellt.



Die Systemsteuerung ist im Normalbetrieb grün. Sind in der vergangenen 60 Minuten (konfigurierbar per braked_and_error_sampling_minutes) Fehler aufgetreten, wird die Anzahl angezeigt. Befindet sich das System aktuell in einem Fehlerzustand, erscheint das ganze Symbol in rot.



Die Bremssteuerung zeigt an ob aktuell gebremst wird (orange) oder die Bremse inaktiv ist. Die Anzahl der Bremsungen in den letzten 60 Minuten (konfigurierbar per braked_and_error_ sampling minutes) wird als Zahl angezeigt.



Eine aktuelle Bremsung wird bei der Bremse selbst ebenfalls orange angezeigt. Steigt die Temperatur über 50°C (konfigurierbar über brake_temperature_max), so erfolgt die Anzeige in rot.

Ertrag

Ertragsdaten stehen zur Verfügung, wenn WindMonitor Zugriff auf historische Daten hat (siehe dazu die Erläuterungen in **Liste aller anderen Parameter**). Die Interpretation des Diagramms wird im Folgenden erläutert.



Abbildung Ertragsdaten und Details zu den letzten 30 Tagen

Die Abbildung zeigt den erzeugten Ertrag für die vergangenen 30 Tagen. Dabei entspricht jeder Balken einem Tagesertrag. Wird die Auswahl der Zeitachse über die Buttonleiste unterhalb des Diagramms zwischen 3 Stunden und der mehrjährigen Auswahl gewechselt, entspricht ein Balken dem Ertrag in 5 Minuten bis zu einem Monat. Die aktuelle Entsprechung erkennt man in der Legende (im Beispiel, Ertrag (Tag)"). Der konkrete Wert jedes einzelnen Balken ist auf der linken Achse abzulesen ("Energie kWh").

Um die Lesbarkeit der Zeitachse zu erhöhen, wird bei der 30 Tage-Ansicht, die Farbe der Balken wöchentlich zwischen grün und blassgrün gewechselt. Die Intervalle liegen bei anderen Zeitachse zwischen einer Stunde und einem Quartal.

Um die Erträge einordnen zu können, gibt WindMonitor zwei Hinweise: der im Mitte zu erreichende Ertrag wird als gestrichelte grüne Linie angezeigt. Gehen Balken über diese Linie, so tragen sie zu einem Jahresertrag oberhalb der Jahresprognose bei und umgekehrt. Zur Erinnerung: die Jahresprognose für die Kleinwindanlage kann per yearly_yield konfiguriert werden. Im Beispiel zeigen Balken und gestrichelte Linie, dass der Beitrag der vergangenen 30 Tage unterhalb der erwarteten Prognose lag. Gleichermaßen wird auch die im Jahresmittel erwartete Windstärke gestrichelt angezeigt - dieses mal in blau.

Als zweiter Hinweis wird die ausgewählte Zeitstrecke auf das volle Jahr hoch gerechnet. Der im Beispiel gezeigte Wert ist 3576 kWh. Wären also die Ertrag im Jahresschnitt identisch mit den gezeigten 30 Tagen, wären 3576 kWh der Jahresertrag. Nachdem wir schon oben gesehen haben, dass der Zeitabschnitt unterdurchschnittlich beigetragen hat, sind auch die 3576 kWh kleiner als die Prognose von hier 5500 kWh.

Für die Anzeige auf Ebene Tag und Jahr bietet WindMonitor eine qualifizierte **Vorhersage zukünftiger Erträge**. Anders als Hochrechungen werden hier Anlagen-spezifische Vorhersagen getroffen:

- Auf Jahresebene wird eine Vorhersage für das Restjahr angezeigt. Diese basiert dann auf den durchschnittlichen monatlichen Erträge der Vorjahre. Wenn Daten für die Vorjahre noch ncht verfügbar sind, werden Monatsprognosen auf Basis des konfigurierbaren Jahresertrags (yearly_yield) genutzt.

Neben der Ertragsdaten wird in dem Diagramm ausserdem die Windlage angezeigt. Die konkreten Werte erscheinen auf der rechten Achse. Die blaue gepunktete Linie entspricht der mittlerweile Windgeschwindigkeit. So war z. B. am 23. November (höchster Ertragsbalken) auch die mittlere Windgeschwindigkeit am höchsten (ca. 7,5 m/s). Die orange gepunktete Linie zeigt die im jeweiligen Zeitabschnitt höchste gemessene Geschwindigkeit an. Im Beispiel gab es an zwei Tagen Orkanböen. Mit Blick auf den gesamten Zeitraum von 30 Tagen, lag die durchschnittliche Windgeschwindigkeit lediglich bei 3,0 m/s und war damit genauso wie der Ertrag unterdurchschnittlich. Als Referenz zeigt die blaue gestrichelte Linie das erwartete Jahresmittel der Windgeschwindigkeit (siehe Konfiguration year_average_wind_speed).

Analyse

Am Ende der Liste der Ertragsdetails sind per Button **Analyse** weitere Analysen zu Generatorleistung und Windlage verfügbar.

Die Analysen basieren auf der aufgelaufen Historie von Ertrags- und Winddaten. Um sinnvolle Analyseergebnisse für Ø Leistung, Vorhersage, Windlage zu erhalten, sollte das System bereits ca. drei Monate gelaufen sein. Ein vollständiges Ergebnis für Leistung steht bereits nach ein paar Tagen zur Verfügung.

Ø Leistung

Das Diagramm zeigt die real erreichten durchschnittlichen Leistungswerte abhängig von der **stündlichen durchschnittlichen Windgeschwindigkeit**. Es gibt damit eine reales Maß für die Erträge bei gegebener Windgeschwindigkeit wider.



Abbildung Systemleistung mit hoher Varianz bei hohen Windgeschwindigkeiten

Leistung

Das Diagramm zeigt die am Ausgang des Wechselrichters verfügbare Leistung nach Windstärke. Der Verlauf ist die sogenannte **Kennlinie des Generators** / des Systems. Auch die hier gezeigten Daten basieren auf den realen Messungen der Anlage.

Vorhersage

Hier wird gezeigt mit welchen Erträgen bei einer bestimmten Wind-Vorhersage gerechnet werden kann. Nachdem Wind-Vorhersagen fehlerbehaftet sind und die realen Gegegebenheiten jeweils abweichen, gibt dieses Diagramm einen guten Eindruck ui real zu erwartenden Erträgen. Die Werte sind auch Basis der Hochrechnung der Erträge bis Tagesende im Ertrags Diagramm.

Windrose

Die Windrose kombiniert die Häufigkeit des Auftretens bestimmter Windstärken mit der Windrichtung und erlaubt damit ein einfaches Erkennen der vorherrschenden Windrichtung. Die verwendeten Windklassen basieren auf den stündlichen Wind-Durchschnittswerten, sind hier aber gemäß Arbeitsbereich der Windturbine klassifiziert.



Abbildung der Windrose - eine von mehreren Diagrammen zur Analyse

Windlage

Die Verteilung von Windgeschwindigkeiten über das Jahr ist je Standort unterschiedlich und sollte zur Konfiguration der Anlage passen. Dabei kommt es darauf an, dass der resultierende Arbeitsbereich gut zu den real auftretenden Windgeschwindigkeiten passt. Das Diagramm zeigt die Verteilung der Windgeschwindkeiten über den Aufzeichnungszeitraum.

\varnothing Wind

In diesem Diagramm wird die Verteilung der durchschnittlichen Windstärke (also anders als bei der **Windlage** nicht Böen) über den aufgezeichneten Zeitraum gezeigt.

Windschatten

Zur Analyse des Windschattens werden Abweichungen zwischen Windvorhersage und gemessener durchschnittlicher Windstärke genutzt. Damit kann die Auswirkung von Hindernissen in der jeweiligen Windrichtung visualisiert werden.

Wenn man gut geplant hat, dann hat man den geringsten Windschatten bei Wind aus der Hauptwindrichtung.



Abbildung des ermittelten Windschattens

Simulation

In der Simulation wird der Jahresertrag auf Basis der ermittelten Systemleistung, einer gegebenen Windverteilung und einstellbaren Windverhältnissen ermittelt. Im Planungsstadium und bei vorhandener längerfristiger Windmessung erlaubt die Simulation eine valide Vorhersage für die jährliche Anlagenleistung mit dem eigenen Anlagentyp.

Aktivität

Das Diagramm zeigt Anzahl und Anteil der verschiedenen Betriebszustände / der Aktivität der Kleinwindanlage.

Wind-Vorhersage

Im Abschnitt Vorhersage wird die lokale Windprognose für die kommenden 48 Stunden gezeigt. Anders als im Diagramm zu den Erträgen sind Geschwindigkeiten erwartete Maximalwerte. Speziell die blau dargestellten Wind-Werte dürfen nicht als Durchschnittswerte interpretiert werden, sondern sind maximale Windgeschwindigkeiten ausserhalb von Böen. Anders als der Wind, sind Böen durch ihr nur kurzzeitiges Auftreten abgegrenzt.

Jeder Balken entspricht einer Stunde, es erfolgt eine farbliche Gruppierung nach Tagen (24 Stunden). Alternativ kann eine grobe Vorhersage für die kommenden 7 Tage dargestellt werden. In diesem Fall entspricht jeder Balken einem Tag.



Abbildung: Vorhersage der kommenden 48 Stunden oder 7 Tagen

Um die Windprognose gegenüber den Anlagedaten bewerten zu können, wird zusätzlich der Arbeitsbereich der Anlage mit einer grünen und einer roten Linie angezeigt. Die Werte können über working_wind_speed_min und working_wind_speed_max konfiguriert werden. Um den erwarteten Ertrag zu bewerten, orientiert man sich primär an den blauen Balken.

Live Cam

Der Abschnitt zur Live Cam erscheint nur, wenn der Parameter live_video_url mit einem HLS Stream konfiguriert wurde. Zur Nutzung von IP Cams mit RTSP Stream findet sich im Kapitel **Systemerweiterungen** ein Vorschlag.



Abbildung: die Anlage steht an einem frühen Wintertag

Steuerung

In diesem Abschnitt weder Buttons zur Steuerung von Flutlicht / Spots, sowie Buttons zur Bremssteuerung angezeigt. Um Flutlichter zu schalten wird ein Shelly erwartet, zur Konfiguration bitte die Konfiguration lights vornehmen.

Fun Facts

Durch die Datenerfassung und Konfiguration des WindMonitor stehen eine Reihe von interessanten Fakten zur Verfügung die hier animiert angeziegt werden.

Eine paar Beispiele sind

- Höchste Tagesleistung
- · Maximale Drehzahl und dabei erreichte Geschwindigkeit der Flügelspitzen
- Anteil der Jahresproduktion in den Wintermonaten Dezember bis März
- Betriebsdauer und Gesamtergebnis

- Maximale Windgeschwindigkeiten und Hauptwindrichtung
- und vieles andere mehr

Details

In diesem Abschnitt werden alle Detaildaten des WindMonitor angezeigt. Viele Werte werden in den vorangegangene Abbildungen besser und intuitiver präsentiert, die Details sind aber von grossem Wert um z. B. bei der Fehlersuche zu helfen.

Funktionen

Am unteren Ende des Bildschirms werden verfügbare Zusatzfunktionen per Button bereit gestellt. Nachdem alle Funktionen Änderungen am System herbeiführen können, ist deren Aufruf durch das Passwort für ändernde Funktionen geschützt.

Administration

Anzeige einer Auswahl von administrativen Funktionen:

Ereignisse

Anzeige aller aufgetretenen Ereignisse wie Fehler, Warnungen sowie Informationen wie Start / Neustart. Fehler und Warnungen können aktiv oder inaktiv sein. Ist z. B. ein Netzwerk-Fehler aufgetreten, das Netzwerk läuft aber mittlerweile wieder, so ist das Ereignis inaktiv und der entsprechende Eintrag ausgegraut. Noch vorliegende Probleme sind aktiv und sollten behoben werden.

Die Liste der Ereignisse kann nach verschiedenen Kriterien gefiltert werden. Die Liste kann auch gelöscht werden - aktive Probleme werden aber kurz anschliessend wieder erscheinen.

Für den Fall, dass Hilfe vom Entwickler benötigt wird, kann hier auch einen detaillierte **Log-Datei** exportiert und als Mail versandt werden.

Konfiguration

Mit diesem Button wird ein neues Fenster geöffnet das die Eingabe der im Kapitel **Konfiguration** gezeigten Werte ermöglicht. Bei Änderung werden ggf. Warnungen und Fehler angezeigt. Nur wenn alle Prüfungen erfolgreich waren, ist es möglich die Änderungen per **Speichern** zu speichern. Das Fenster kann alternativ per **Zurück** oder per **Werkseinstellungen** verlassen werden. Wenn die Konfiguration geändert wurde, dann wird das System automatisch neu gestartet. Der Start wird dabei solange verzögert, bis die Anlage steht oder die Turbinendrehzahl unter 100 U/min fällt. Nach dem Neustart bitte den WindMonitor im Browser neu laden.

Neustart

Mit diesem Button wird ein Neustart des Systems erzwungen. Das sollte, wenn überhaupt, nur in Ausnahmefällen notwendig sein. Sollte der WindMonitor gar nicht mehr erreichbar sein, kann er nur über eine Unterbrechung der Stromversorgung neu gestartet werden. Das System ist jedoch so aufgebaut, dass Fehlersituation ohnehin zu einem automatischen Neustart führen.

Ein Neustart wird im allgemeinen solange verzögert, bis die Turbine eine niedrige Drehzahl zeigt. Dies vermeidet ein unnötiges Hochdrehen ohne Last.

Werkseinstellungen

Vorsicht, mit dieser Funktion wird WindMonitor auf Werkseinstellungen zurück gesetzt. Damit gehen nicht nur alle durchgeführten Änderungen an der Konfiguration, sondern auch aufgezeichnete Daten verloren.

Backup

WindMonitor ist ein lokal arbeitendes System. Daten und Konfiguration werden nicht über das Internet verschickt oder in einer "Cloud" gespeichert. Als Konsequenz muss sich der Anlagenbetreiber selbst um regelmässige Backups kümmern. Backups umfassen aufgezeichnete Ertrags- und Winddaten sowie die Konfigurationswerte. Mit Start des Backup-Prozesses werden die genannten Daten in eine Datei gepackt und per E-Mail an den Anlagebetreiber geschickt. Die E-Mail ist bei Erhalt dauerhaft zu archivieren um später wiederhergestellt werden zu können.

Update

Per Druck auf Update werden ggf. verfügbare Updates angezeigt und können dann auch installiert werden. In jedem Fall sollte man vorher ein Backup erstellen.

Hilfe

Mit Druck auf diesen Button wird dieses Dokument angezeigt.

Systemerweiterungen

WindMonitor basiert auf einem Raspberry Pi und dem Betriebssystem Raspbian. Neben dem vorinstallierten WindMonitor Service, können weitere Dienste auf dem Raspberry konfiguriert und ausgeführt werden.

Wichtig: alle Änderungen am WindMonitor Service selbst führen zum Erlöschen der Gewährleistung. Auch ein Support ist dann nur noch eingeschränkt möglich.

Zugriff per SSH

Der Zugriff per SSH ist standardmässig frei geschaltet. Per SSH ist es möglich von einem anderen Rechner auf die Kommandozeile des Raspberry zuzugreifen. Auf einem Windows-Rechner startet man dazu die **Eingabeaufforderung**, auf einem Mac die **Terminal** Anwendung. Anschliessend gibt man das Kommando

\$ ssh windmonitor@windmonitor.local

ein. Der Teil windmonitor.local ist dabei die sogenannte IP-Adresse des WindMonitor. Für den Fall, dass das ssh Kommando die Fehlermeldung ausgibt, dass windmonitor.local nicht gefunden werden konnte, muss die konkrete IP Adresse in der Form #.#.#.# angegeben werden. Diese findet man in der Administrationsoberfläche des Routers.

Das Standard-Passwort für den ssh Zugang befindet sich auf dem WindMonitor Gehäuse bzw. auf einem Zettel in der Verpackung.

Wiederherstellen von Backups

Die Wiederherstellung kann aktuell noch nicht über den Browser vorgenommen werden, stattdessen müssen die folgenden Kommandos auf einer SSH Kommandozeile eingegeben werden.

Technisch nicht versierte Anwender bitten wir unseren Support zu kontaktieren.

Vor dem Wiederherstellen wird die an der versandten Backup Mail angehängte ZIP Datei auf WindMonitor kopiert.

auf PC / Mac, <BACKUP> hat das Form windmonitor-JJJJ-MM-TT
\$ scp <BACKUP>.zip windmonitor@windmonitor.local:/home/windmonitor

Der Zugang per SSH ist im vorausgehenden Kapitel Zugriff per SSH beschrieben.

```
# auf PC / Mac
$ ssh windmonitor@windmonitor.local
# auf WindMonitor
$ sudo systemctrl stop windmonitor.service
$ unzip <BACKUP>.zip
$ cd WindMonitor
$ influx -execute 'DROP DATABASE windmonitor'
$ influxd restore -portable ../<BACKUP>
$ sudo systemctrl start windmonitor.service
$ <Ctrl-D>
```

WindMonitor extern verfügbar machen

Wie bereits im Abschnitt Inbetriebnahme erwähnt, kann ein Zugriff auf den WindMonitor auch über das Internet ermöglicht werden.

Der WindMonitor ist grundsätzlich für die Nutzung im lokalen Netzwerk konzipiert. Um die Oberfläche im Internet bereit zu stellen, müssen insoweit Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Es gibt dabei mehrere Varianten:

- 1. Nicht-öffentliche Bereitstellung über ein VPN
- 2. Öffentliche Bereitstellung über die Nutzung eines geschützten VLAN um andere Knoten bei Angriffen von außen zu schützen sowie eine geeignete Port-Weiterleitung am öffentlichen Router
- 3. Öffentliche Bereitstellung über Port-Weiterleitung

Die **Variante 1** kann man uneingeschränkt empfehlen. Sie ist sicher und kann mit fast jedem aktuellen Router (z. B. FRITZ!Box) leicht eingerichtet werden. Die Variante bietet sich insbesondere dann an, wenn der externe Zugriff nur für den Anlagenbetreiber benötigt wird.

Um den Zugang zu realisieren aktiviert man die VPN Funktion des Routers und installiert einen entsprechenden VPN Zugang auf den Clients (z. B. Laptop mit dem man von außen zugreifen will, oder iPad etc). Aus dem Internet aktiviert man dann das VPN am Client und ist damit "im lokalen Netzwerk" und kann direkt auf den WindMonitor (entweder über dessen lokaler IP Adresse, ggf. aber auch über windmonitor.local) zugreifen. Dazu bitte im Netz oder Herstellerhandbuch nach einem Leitfaden zur Einrichtung eines VPN mit dem Router suchen.

Die **Variante 2** ist die, die wir selbst realisiert haben. Wir möchten den WindMonitor ja auch Dritten als Demo zeigen. Mit einem einfachen Router wie der FRITZ!Box geht das nicht, der

Router muss sogenannte VLANs unterstützt. Insgesamt braucht man für den Ansatz ziemlich viel Netzwerk-KnowHow und eben entsprechende Infrastruktur.

Nur für "netzwerkfeste" Leser:

Man benötigt zunächst eine öffentlich Domain oder Subdomain wie bei uns windmonitor.bolbrohaus.de. Diesen Namen leiten man auf eine statische (wenn man die hat) oder per DynDNS auf eine dynamische IP um. Das ist dann also die öffentliche IP Adresse des eigenen Routers.

Im lokale Netzwerk richtet man einen VLAN ein in dem sich ausschliesslich "exponierte" Knoten wie der WindMonitor befinden. Das VLAN konfiguriert man so, dass Knoten in dem VLAN nicht auf andere VLANs zugreifen können. WindMonitor ist dann also im lokalen Netz isoliert und kann bei einem Hack von außen nichts kaputt machen. Zuletzt richtet man für den Port 80 am öffentlichen Router eine Weiterleitung zum WindMonitor ein, also <öffentlicher Router>:80 • windmonitor.local:8080. Als Restrisiko bleibt, dass jemand den WindMonitor selbst hackt, Daten klaut, das System abbremst (wenn aktiviert) etc. Also ein kalkulierbares Risiko.

Bis hier hin hat man einen Zugriff ins restliche geschützte Netz abgesichert, WindMonitor selbst ist aber schlecht geschützt und auch ausgetauschte Daten wie das Passwort werden noch ungeschützt übertragen. Um Verschlüsselung zu erhalten und den Python Webserver an Port 8080 weiter abzusichern, haben wir an der öffentlichen Adresse einen Apache 2 Server laufen. Dieser dient als Proxy für den dahinter liegenden WindMonitor Server. Weiterhin leitet er Aufrufe per http: auf https: um und stellt hierfür auch ein Zertifikat zur Verfügung.

Die **Variante 3** ist eine einfache Form der Variante 2. Die kann man auch mit einer FRITZ!Box nutzen, sie ist aber sehr riskant. Auch bei dieser Variante braucht man eine öffentliche Domain und feste / dynamische (DynDNS) IP-Adresse mit der man den Router von außen erreichen kann. Ausserdem richtet man am Route die Weiterleitung :80 · windmonitor.local:8080 ein. Problem: wenn ein Hacker es schafft den WindMonitor zu hacken, hat er / sie anschliessend Zugriff auf das ganze Netzwerk. Wie eingangs beschrieben, ist WindMonitor für lokale Nutzung konzipiert und erfüllt damit nur minimale Sicherheitsstandards.

Privacy

Neben der Absicherung eines Zugriffs von aussen wie im vorhergehenden Absatz, ist auch der Aspekt "was macht das System in meinem Netz?" wichtig. Alle von WindMonitor hergestellte Netzwerkverbindungen werden deshalb im Folgenden offen gelegt.

Wettervorhersagen werden von <u>https://openweathermap.org/</u> bezogen. Im Rahmen eines stündlichen Updates werden dabei die Parameter longitude und latitude übertragen.

Alle Daten werden regelmässig auf einen **MQTT Server** übertragen. Im Normalfall ist das ein auf der WindMonitor Hardware vorinstallierter Mosquito Server, also ein rein lokaler Zugriff. Wird per Parameter mqtt_broker ein alternativer MQTT Server konfiguriert, greift WindMontor entsprechend auch über das Netzwerk zu. Der MQTT Server wird auch bei Verwendung eines externen Smartmeters per smartmeter_prefix verwendet. Werden für die Licht/Spot-Steuerung oder für die externe Bremssteuerung Shellys eingesetzt, erfolgt ein entsprechender Netzwerkzugriff auf die in lights/items/ip bzw. brakectl ip konfigurierten Netzwerkknoten.

WindMonitor verwendet Mail bzw. SMTP für **Notifikationen an den Betreiber** sowie für **Backups**. In der Standardkonfiguration erfolgt der Versand über einen für WindMonitor dedizierte Mail-Account bei unserem Provider <u>http://strato.de</u>. Im Prinzip sind also versandte Daten über unsere Mail-Administration einsehbar. Für den Fall, dass WindMonitor nicht als "trusted" kategorisiert ist, empfehlen wir das Einrichten eines eigenen Mail Accounts über die Parameter smtp_host, smtp_port, smtp_login und smtp_password. Sobald **alle** diese Parameter definiert (also ungleich null) sind, erfolgt kein weiterer Zugriff auf unseren Account.

Wenn die SD Karte kaputt ist...

Die SD Karte mit Betriebsystem und WindMonitor kann wie jede "Festplatte" kaputt gehen und muss dann repariert oder ersetzt werden. Sollte das passieren, ist es am Besten unseren Support zu kontaktieren.

Wenn es schnell gehen muss will man sich aber ggf. selbst helfen. Wir haben deshalb "Images" im Netz zur Verfügung gestellt, mit denen eine neue SD Karte erstellt werden kann. Was man dazu benötigt sind:

- eine neue Micro SD Karte der Größe 16 GB bzw. 32 GB; bitte Markenware nehmen, idealerweise eine Variante mit "High Endurance" Vermerk
- eine Software zum Schreiben des "Image" auf diese Karte; wir haben mit **balenaEtcher** gute Erfahrungen gemacht

An einem PC / Mac startet man balenaEtcher und wählt Flash from URL aus. Als URL bitte

http://windmonitor.gps-laptimer.de/WindMonitorPi3_16GB.img.gz

bzw.

http://windmonitor.gps-laptimer.de/WindMonitorPi4_32GB.img.gz

angeben. Anschliessend wählt man die eingelegte SD-Karte als Ziellaufwerk aus (**Select target**) und startet per **Flash!**. Sobald der Vorgang abgeschlossen ist (dauert bis zu einer halben Stunde), baut man die SD-Karte in den WindMonitor ein:

- WindMonitor spannungsfrei machen
- ggf. die alte SD-Karte entfernen, sie befindet sich gegenüber des Netzwerk / der USB Anschlüsse unter der Hauptplatine. Nur das Ende ist ohne Ausbau der Platine sichbar. Kurz reindrücken - dann springt sie raus
- nun die neue SD Karte einstecken
- WindMonitor wieder mit Strom versorgen / starten
- nach dem Neustart bitte zunächst auf die neueste Version aktualisieren

• ggf. ein vorhandenes Backup wiederherstellen

Hilfe und Support

Wenn Fragen in dieser Anleitung unbeantwortet bleiben, können Sie uns gerne unter <u>Harry@gps-laptimer.de</u> kontaktieren. Auch freuen wir uns über Anregungen und Verbesserungsvorschläge.

CE Konformitätserklärung

Der Hersteller:

Harry's LapTimer Gadgets Harald Schlangmann Siegum 5 24960 Munkbrarup Deutschland

des vorstehenden beschriebenen elektrischen Betriebsmittels:

WindMonitor

erklärt hiermit in alleiniger Verantwortung die Konformität nach

- Niederspannungsrichtlinie (2014/35/EU)
- EMV-Richtlinie (2014/30/EU)
- RoHS-Richtlinie (2011/65/EU, 2015/863/EU)

Siegum, 24. Januar 2024, Harald Schlangmann (Inhaber und technischer Entwickler)

gez.

No. Solf

Entsorgung (WEEE-Richtlinie 2012/19/EU)

Das Produkt darf nicht über den normalen Hausmüll entsorgt werden.

Der Hersteller bietet eine kostenlose Rücknahme des Windmonitors zur umweltgerechten Entsorgung und Verwertung an.

Bitte setzen Sie sich mit Harald Schlangmann, Siegum 5, 24960 Munkbrarup in Verbindung, um die Rückgabe des Altgeräts zu organisieren.

Durch die fachgerechte Entsorgung können wertvolle Ressourcen zurückgewonnen und Umweltbelastungen reduziert werden.

Platinen Revisionen 1 - 8

Mit WindMonitor Revision wurde das Hardware Layout um die Ansteuerung der Bremse sowie die Handhabung des Windsensors geändert. Damit ändert sich die Verkabelung des Windsensor-Signals sowie der für die Fledermausbox vorgesehene Anschluss.

Diese Dokumentation wurde entsprechend für die Revsion 9 überarbeitet. In diesem Abschnitt finden sich die alten Abbildungungen und Texte.

Verbindungsschema



Abbildung Verbindungsschema WindMonitor Revision 1-8

Externe Steuerung der Bremse per Shelly

(5) Externe Steuerung der Bremse

Während WindMonitor primär ein Monitoring System mit ausschliesslich "lesendem" Zugriff auf die Kleinwindanlage ist, ist das System dennoch für eine Betätigung der Bremse über die Online Schnittstelle vorbereitet. Ähnlich wie bei der Steuerung von Lampen / Flutlichtern, erfolgt die Betätigung der Bremse über ein Shelly 1. Es können hierbei alle Varianten genutzt werden, wichtig ist lediglich, dass das Modell einen potentialfreien Ausgang besitzt. Konkret können Shelly 1, ShellyPlus 1, Shelly Mini 1 verwendet werden. Nicht verwendet werden, können die PM Varianten.

Um die Anlage abzubremsen, nutzen wir die Anschlüsse X5 1 und 2 die für die Bremsung per Fledermausbox vorgesehen sind. Diese beiden Anschlüsse sind im Normalfall überbrückt. Es gilt Kontakte verbunden: keine Bremsung, Kontakte offen: Bremsung.

Wie immer bei Veränderungen am Schaltschrank gilt: Arbeiten müssen durch einen Elektriker und im spannungfreien Zustand durchgeführt werden.

Um die Anschlüsse zu schalten, werden die Anschlüsse X5 1 und 2 mit den Relais-Anschlüssen O und I des Shelly verbunden. Der Shelly wird abgesehen davon mit einer zugelassenen Spannungsversorgung versehen. Meistens wird das 230V sein.

Um eine mit Fledermausbox versehene Anlage zu steuern, wird eine Kaskade aus Fledermaus-Box, Shelly und den X5 Anschlüssen gebildet. Die folgende Abbildung zeigt alle Varianten.



Abbildung Verbindungsvarianten Externe Steuerung Bremse

Für den Fall, dass eine Fledermausbox verbaut ist, empfiehlt sich der Einbau des Shelly in die Fledermausbox. Ohne Fledermausbox verbaut man den Shelly entweder direkt im Schaltschrank, oder in einer kleinen Aufputzdose unter dem Schrank.

Um Windmonitor eine Steuerung der Bremse mit dieser Hardware-Erweiterung zu ermöglichen, sind drei Einstellungen vorzunehmen. Zunächst wird die Shelly-Generation per brakectl_actor entweder auf ShellyGen1 oder ShellyGen2 gesetzt. ShellyGen1 wird für den Shelly1, ShellyGen2 für ShellyPlus 1 und Shelly 1 Mini verwendet. Mittels brakectl_ip wird die IP4 Adresse des Shelly festgelegt, z. B. "192.168.1.23". Die konkrete Adresse wird bei Verbindung des Shelly mit dem Netzwerk vom Router vergeben. Zuletzt wird mittels brakectl_bat zwischen Variante ohne (false) oder mit (true) Fledermausbox ausgewählt.

Erläuterungen:

- Sobald die beschriebene Hardwareerweiterung und die Einstellungen vorgenommen wurden, erscheinen in der Oberfläche zusätzliche Buttons Bremse An, Bremse Aus, Bremse Fledermaus (nur bei Variante mit Fledermausbox).
- Mit Bremse An wird die Bremsung permanent eingeschaltet, die Anlage ist stillgelegt.
- Mit **Bremse Aus** wird die Bremsung durch den Windmonitor permanent abgeschaltet. Die Sicherheitsmechanismen wie die Abbremsung bei zu hoher Generator-Drehzahl oder zu hoher Windgeschwindigkeit bleiben natürlich erhalten.
- Mit **Bremse Fledermaus** wird die Bremsung entsprechend des Fledermausbox "durchgereicht". Ist also Flugwetter, wird gebremst. Ist kein Flugwetter, wird die Bremsung aufgehoben.
- Für Shelly-Insider: WindMonitor überschreibt die Shelly Einstellungen zu Power On Defaults und dem Zusammenhang zwischen Input und Output. Im Status Bremse An und Aus werden Input und Output entkoppelt, Output wird über WindMonitor auf ON oder OFF gesetzt, Power On Defaults ist Restore Last State. Im Status Bremse Fledermaus werden Input und Output 1:1 gekoppelt.

Sobald obige Konfiguration vorgenommen ist, erscheinen im Abschnitt **Steuerung** die zusätzliche Buttons zur Steuerung der Bremse.