



juwi Operations & Maintenance GmbH

Übersicht Rotorblattvereisung
Erfahrungen im Betrieb



- juwi Operations & Maintenance Kurzvorstellung
- Problemstellung Rotorblattvereisung
- Techniken zur Vereisungserkennung
- Umgang beim Wiederaufstarten von Anlagen
- Ausblick

Organisation

- Gegründet 1996 von Fred Jung (ju) und Matthias Willenbacher (wi), Pioniere für erneuerbare Energien mit Wurzeln in der Landwirtschaft
- juwi AG, nicht börsennotiert
- 63% MVV Energie AG |
37% Frema GmbH & Co. KG

Gesamtleistung

ca. 3.200 Megawatt (ca. 2.350 Anlagen)

Jahresenergieertrag

ca. 6,0 Mrd. Kilowattstunden, entspricht dem Jahresstrombedarf von rund 1,7 Mio. Haushalten

Investitionsvolumen (seit 1996)

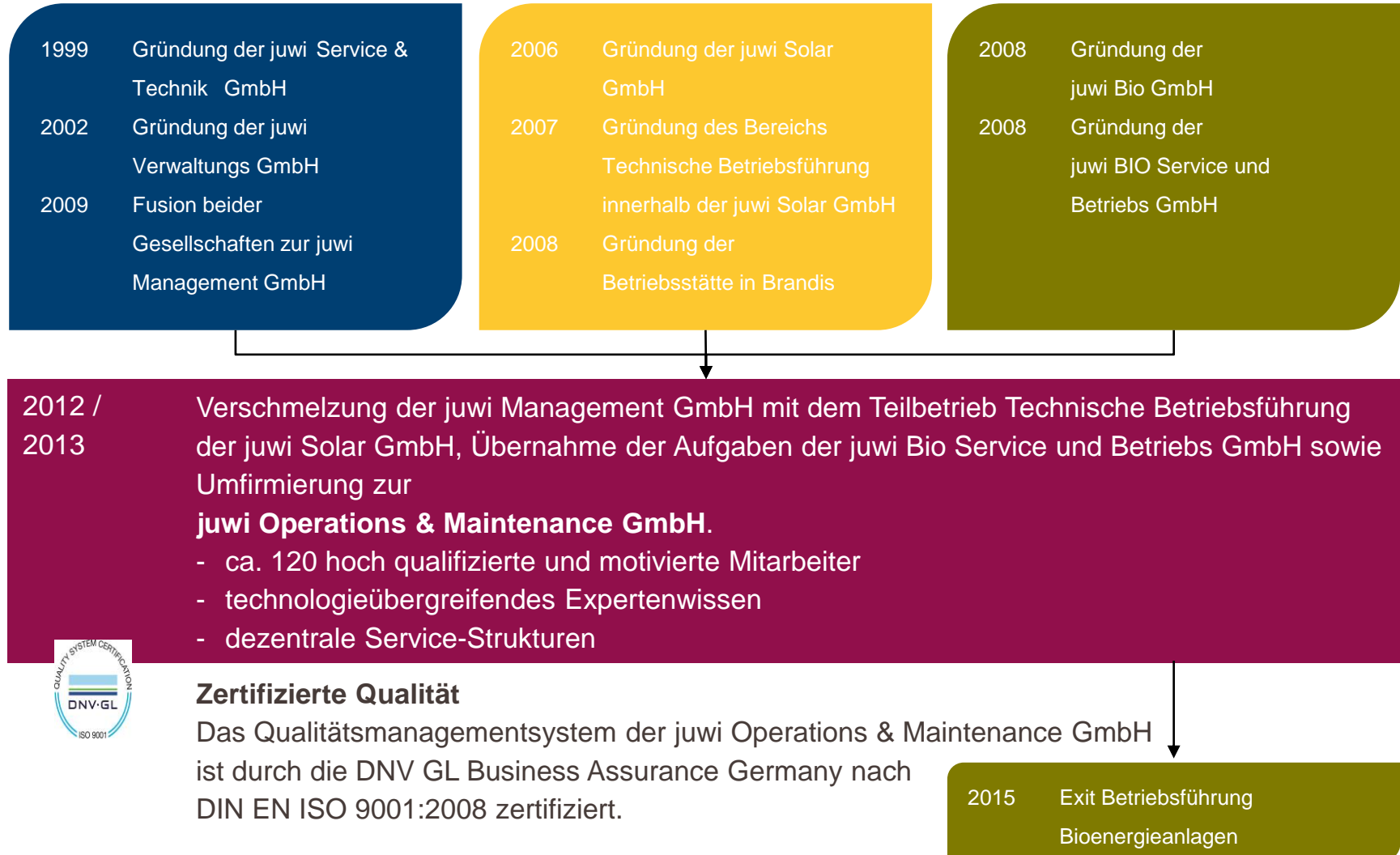
> 6,0 Mrd. Euro

Mitarbeiter & Umsatz

- ca. 1.000 Mitarbeiter (weltweit)
- > 500 Mio. Euro in 2014

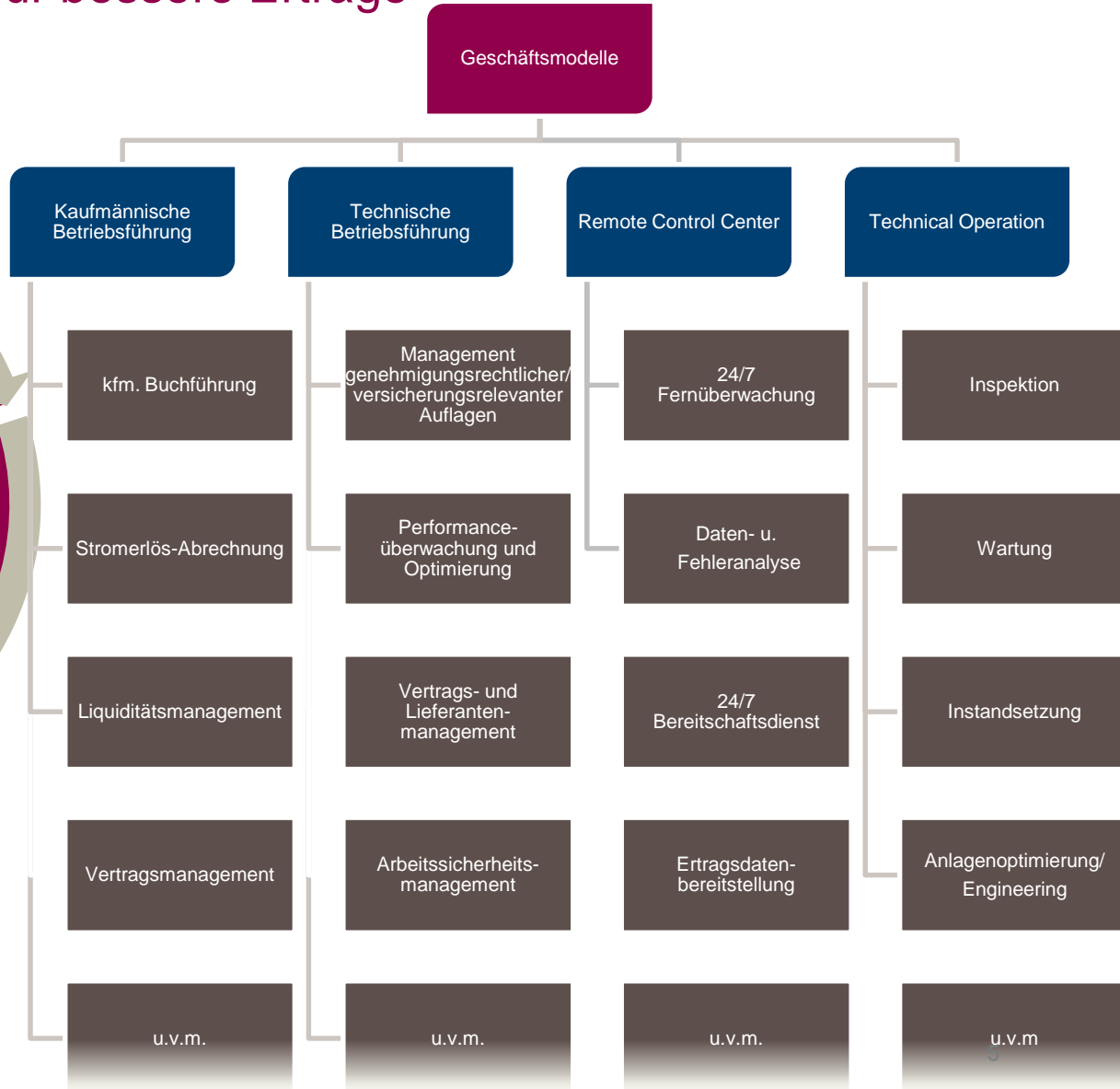


juwi Operations & Maintenance GmbH



juwi Operations & Maintenance

Professionelle Leistungen für bessere Erträge



Problemstellung Rotorblattvereisung



Gefährdung an der WEA durch Vereisung

- Gefährdung des Produktionsertrages durch verschlechterte Aerodynamik
- Gefährdung der Standfestigkeit durch massive Vereisung (bislang kein Vorfall bekannt)
- Negative Beeinflussung der Betriebszeit durch Unwucht (setzt erhebliche asymmetrische Eismassen am Rotor voraus)
- Erhöhung der Schallemissionen
- Gefährdung durch Eisfall im nahen Umfeld der WEA
- Gefährdung durch Eiswurf im weiteren Umfeld der WEA

Problemstellung Rotorblattvereisung



Gefährdung des Produktionsertrages

Windpark	WEA	Jahr	Verlust [kWh]	Verlust bezogen auf Jahresprognose
WP-1	WEA-1	2013	130.697	2,53%
		2014	12.440	0,24%
	WEA-2	2013	90.380	1,76%
		2014	26.608	0,52%
WP-2	WEA-1	2013	37.155	0,64%
		2014	24.146	0,42%
	WEA-2	2013	37.525	0,65%
		2014	25.721	0,44%
WP-3	WEA-1	2013	39.312	0,62%
		2014	0	0,00%
	WEA-2	2013	31.943	0,50%
		2014	0	0,00%
WP-4	WEA-1	2013	174.328	2,57%
		2014	42.207	0,62%
	WEA-2	2013	73.047	1,08%
		2014	6.615	0,10%

Problemstellung Rotorblattvereisung



Eiswurf

Die Gefährdung wird in den BimschG berücksichtigt und entsprechende

*Anforderungen definiert: „Eiswurf darf nicht stattfinden. Die Windenergieanlage ... ist daher mit technischen Einrichtungen auszustatten, die einen Eisansatz an den Rotorblättern sofort erkennen und die WEA abschalten, um Eiswurf von den Rotorblättern sicher zu verhindern.“ *Auszug aus BimschG*

Formel zur Abschätzung der maximalen Eiswurfweite

$d = 1.5 * (D+H)$ mit d = max. Eiswurfweite, D = Rotordurchmesser und H = Nabenhöhe
Bsp: 140 m Nabenhöhe mit 120 m Rotordurchmesser
= 390 m Eiswurfweite

Techniken zur Vereisungserkennung

Systeme zur Erkennung von Eis auf den Rotorblättern



- „Robuste“ Sensorik
- Temperatur
- Temperatur und Feuchte
- 2 – Anemometer-Methode
- Eiserkennungssensorik auf Gondeldach
- Gondelbasiertes Kamerasystem
- Eiserkennung über Leistungskennlinie
- Eiserkennung über Sensorik im Rotorblatt
- Eiserkennung über Sensorik auf dem Rotorblatt

Bewertung; Sicherheit, Produktion, Anlagenschutz für den Anwendungsfall

Mittelgebirge Hunsrück, Eifel, Westerwald und Rheinebene Rheinhessen

Techniken zur Vereisungserkennung



Eiserkennung über „robuste Sensorik“

Ältere Anlagen sind häufig mit sehr „robusten“ Eiserkennungssystemen ausgestattet. Leistung ungleich Wind und Turmschwingung, bei zu starken Unwuchten deaktiviert die Anlage über die Turmschwingungssensorik.

- Sicherheit: Sensorik zu unpräzise, daher für aktuelle Nabenhöhen und Rotordurchmesser nicht geeignet
- Produktion: sehr gut
- Anlage: hohe Belastung der Anlage

Techniken zur Vereisungserkennung



Eiserkennung über Umgebungsbedingungen

Temperatur: Bsp. Abschaltung bei Umgebungstemperaturen $< X$ °C

- Sicherheit: je nach gewählter Temperatur unbedenklich
- Produktion: nicht akzeptabel, da Abschaltungen u.U. wochenlang
- Anlagen: keine Rückkopplung zu Blattheizungssystemen

Temperatur und Luftfeuchte:

- Sicherheit: fragwürdig da Umgebungsbedingungen am Messpunkt ungleich Umgebungsbedingungen am kritischen Vereisungspunkt
- Produktion: tendenziell mehr Abschaltungen als nötig
- Anlage: keine Rückkopplung zu Blattheizungssystemen

Lieferantenbeispiel: Leine-Linde-Systems IPMS in Kombination mit Kamerasystem

Techniken zur Vereisungserkennung



Eiserkennung über die 2-Anemometer-Methode

Die ermittelten Windgeschwindigkeiten von zwei gondelbasierte Anemometern von denen eines beheizt ist und das andere unbeheizt werden miteinander verglichen. Ist die Abweichung zu groß wird auf Vereisung des unbeheizten Anemometers und damit auch auf Vereisung des Rotors geschlossen.

- Sicherheit: fragwürdig, da von der Situation auf der Gondel auf die Situation auf den Rotorblättern geschlossen wird
- Produktion: erfahrungsgemäß kritisch. Manueller Anlagenrest nach Vereisung oft erst verzögert möglich
- Anlage: keine Rückkopplung zu Blattheizungssystemen

Techniken zur Vereisungserkennung



Eissensorik (auf der Gondel)

Ermittlung der klimatischen Vereisungsbedingungen mittels gondelbasiertem Eissensor. Die Amplitude eines zur Schwingung angeregten Sensordrahtes ändert sich, sobald sich Eis auf dem Draht bildet.

- Sicherheit: fragwürdig, da von der Situation auf der Gondel auf die Situation auf den Rotorblättern geschlossen wird
- Produktion: erfahrungsgemäß kritisch.
- Anlagentechnik: keine Rückkopplung zu Blattheizungssystemen

Findet auch Verwendung in Kombination mit anderen Systemen.

Lieferantenbeispiel: Produkt LID-3300IP von Labkotec

Techniken zur Vereisungserkennung



Eiserkennung über Kameras

Gondelbasiertes Kamerasystem mit Schwenk- und Zoomfunktion sowie Beleuchtungseinheit zur Nachtinspektion

- Sicherheit: nicht akzeptabel zur Abschaltung bei Vereisung als Unterstützung zum Wiederauffahren nach Eisabschaltung aber gut geeignet; kann auch als Information für Servicetechniker vor WEA-Anfahrt dienen
- Produktion: die Resetzeiten nach Vereisungsabschaltungen können verkürzt werden
- Anlage: geeignet zur Kontrolle aktivierter Blattheizungen

Lieferantenbeispiel: MeteoTest, Leine-Linde-Systems IPMS

Techniken zur Vereisungserkennung

Eiserkennung durch Überwachung der Leistungskennlinie

Betriebssicherheit / Eiswurf

16. **Eiswurf darf nicht stattfinden.** Die Windenergieanlage WEA 05 ist daher mit technischen Einrichtungen auszustatten, die einen Eisansatz an den Rotorblättern sofort erkennen und die WEA abschalten, um Eiswurf von den Rotorblättern sicher zu verhindern.
17. Die Inbetriebnahme der Windenergieanlage darf bei kritischen Witterungslagen oder nach Abschaltung wegen Eisansatz nur dann erfolgen, wenn sichergestellt ist, dass keine Eisanhaftungen an den Flügeln vorliegen. **Da das installierte „Leistungskurvenverfahren“ erst ab einer bestimmten Drehzahl bzw. Windgeschwindigkeit funktioniert, darf die Inbetriebnahme erst nach Besichtigung der WEA 05 durch fachlich ausgebildetes Personal erfolgen.** Ein automatisches Anfahren der WEA 05 ist nur dann zulässig, wenn in Gondelhöhe eine Außentemperatur von mehr als +2 °C für einen Zeitraum von mehr

Techniken zur Vereisungserkennung



Eiserkennung über Sensorik im Rotorblatt

Sensorik erfasst die Eigenfrequenz der Rotorblätter. Massenänderung des Rotorblattes durch Eisanhaftungen führt zu einer Veränderung der Eigenfrequenz.

Hauptunterschied bei den Systemen: Sensortyp und Berechnungsalgorithmen.

- Sicherheit: bei richtiger Kalibrierung des Systems im Betrieb als auch bei Trudelbetrieb akzeptabel
- Produktion: gut
- Anlage: Rückkopplung mit Blattheizungssystem möglich, Eigenstart möglich.

Wichtig! Funktionale Zertifizierung der Erkennungssysteme unbedingt erforderlich!

Lieferantenbeispiel: Bosch-Rexroth Bladecontrol, Wölfel SHM.Blade/IDD.Blade,

fos4X fos4IceDetection

Techniken zur Vereisungserkennung



Eiserkennung über Sensorik auf dem Rotorblatt

Kapazitive Sensoren auf die Außenhaut der Rotorblätter aufgebracht.

Vereisung führt zu Veränderung des Dielektrikums.

- Sicherheit: Sensorik kann an allen Flächen angebracht werden und reagiert sehr sensitiv. Konzept erscheint sicher
- Produktion: gut
- Anlage: Rückkopplung mit Blattheizungssystem möglich, Eigenstart möglich.

Lieferantenbeispiel: eologix sensor technology gmbh eologix

Hainzl HAICMONice mit RFID (Vermarktung unklar)

Ziel:

- Vereisung minimieren
- Produktion erhöhen
- Sicherheit maximieren und
- Anlage schonen

Forderung:

- effiziente, auf Sicherheit ausgerichtete, funktionstüchtige Blattheizsysteme
- alternativ oder zusätzlich durch beschichtete hydrophobe Oberflächen Minimierung der Vereisung
- gesteuert über automatisch und verlässliche arbeitende Eiserkennungssysteme

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

Thomas Kretzschmar
Abteilungsleiter Technische Kundenbetreuung
juwi Operations & Maintenance GmbH ·
Tel. +49. (0)6732. 96 57-5110

