

SMARTER OPERATIONS

Sicherer und effizienter Betrieb von
Windenergieanlagen

24. Windenergietage in Linstow

Agnieszka Kadzewicz

11 November 2015



DNV GL - Energy Asset Operations & Management



Dienstleistungen

- Technische Betriebsführung
- Betriebsdatenanalyse und Optimierung
- Kurzzeit-Ertragsvorhersagen
- Inspektionen, Vermessungen und Gutachten
- SCADA-Lösungen
- Ertragsdatenanalyse

Erfahrung

- Betriebsdatenanalyse von 50GW+
- Kurzzeit-Ertragsvorhersagen für 40GW+
- SCADA Systeme installiert auf über 7GW
- Inspektionen von >700 WEA per Jahr
- Leistungskurvenvermessung auf 500+ Anlagen

SMARTER OPERATIONS

Sicherer und effizienter Betrieb von Windenergieanlagen

Herausforderungen

Was ist möglich?

Lösungsansätze



Herausforderung der Windparkbetreiber



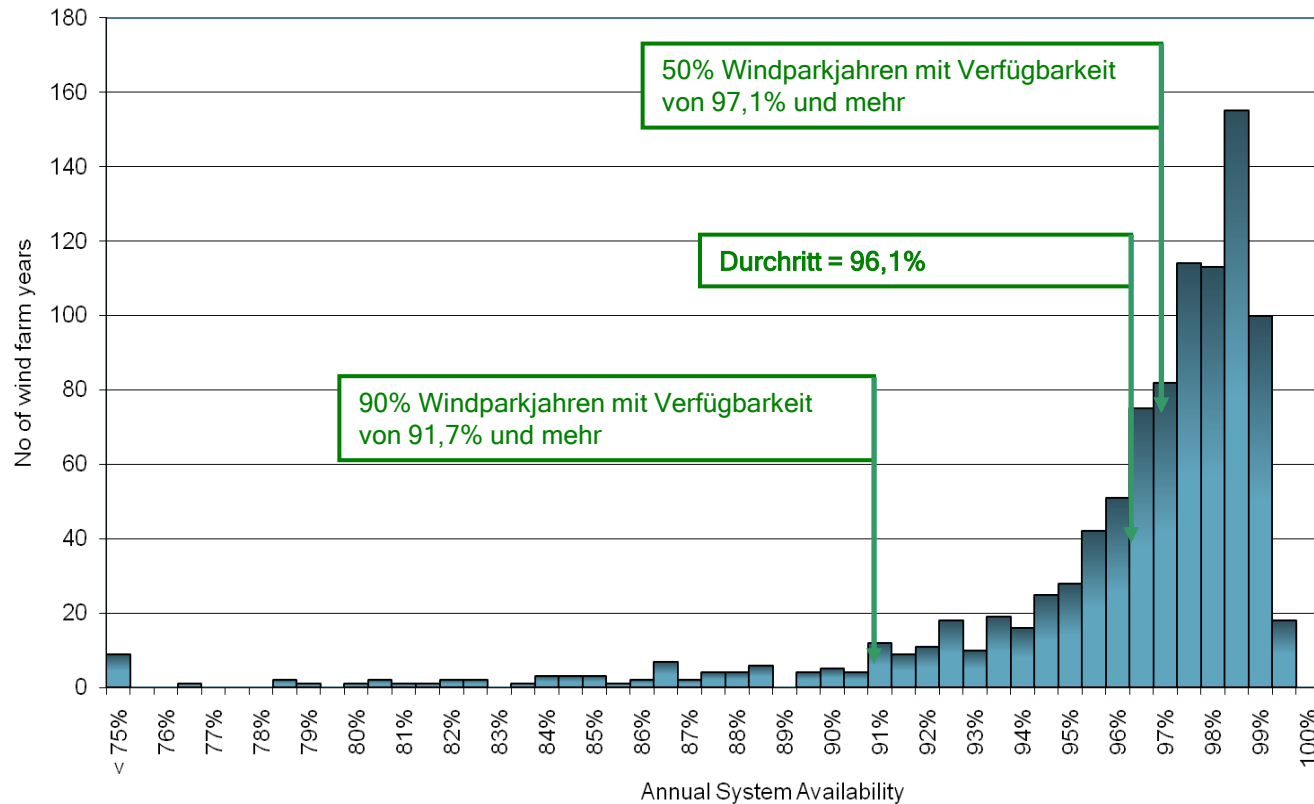
Verfügbarkeit: Was kann erwartet werden?

Databasis

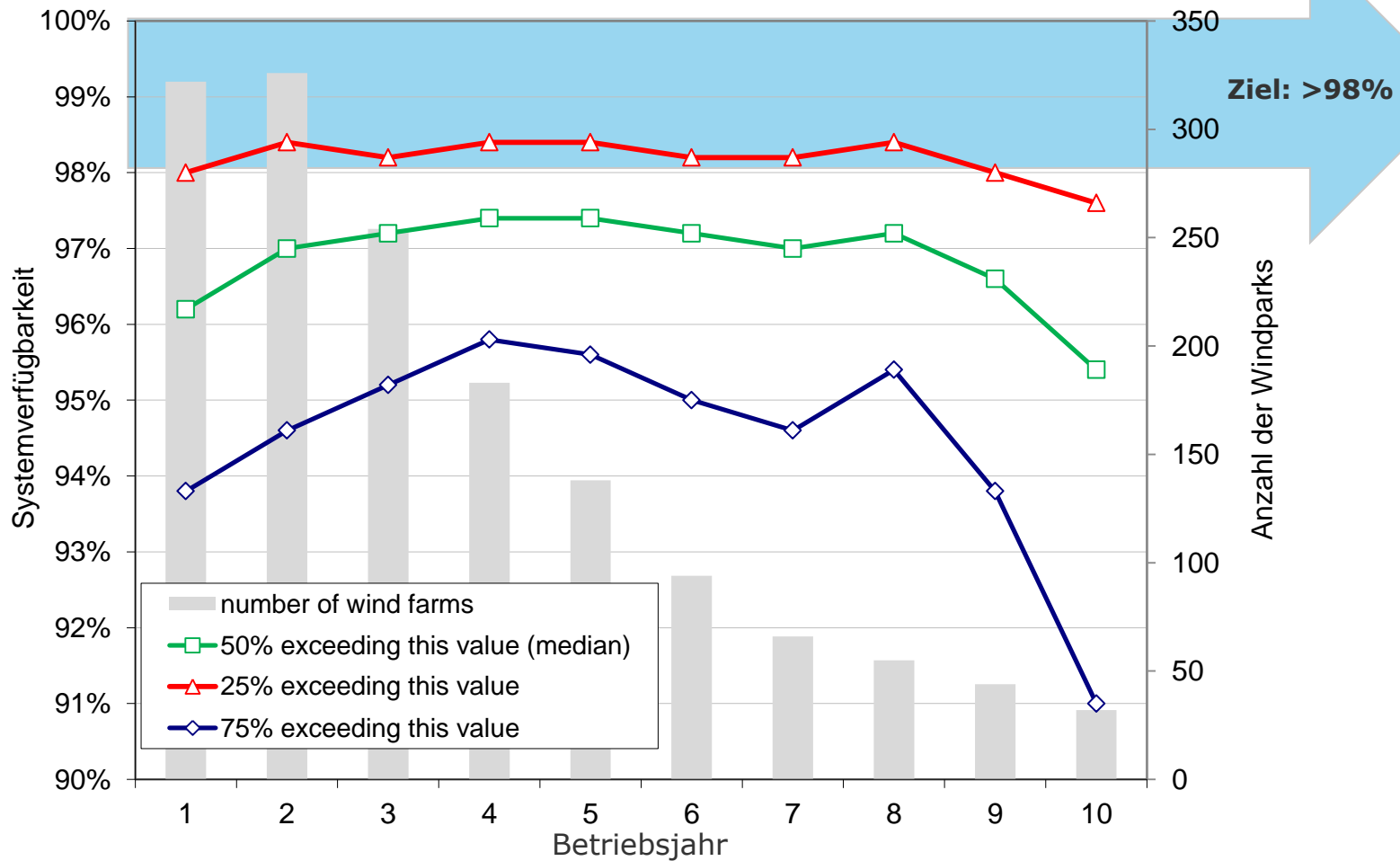
Windparkanzahl: 300+
Windpark Standort: Europa
Betriebslaufzeit: 1-15 Jahre
Untersuchte Windparkjahre insgesamt: 1.000+
Turbinenhersteller: alle Hersteller gängig auf den deutschen Markt vertreten

Definition

$$\text{Systemverfügbarkeit} = \frac{\text{Zeitdauer der Betriebsbereitschaft}}{\text{Gesamtzeit}}$$



Verfügbarkeit: Trend über die Zeit



Ziel: >98%

Databasis

Windparkanzahl: 300+
Windpark Standort: Europa
Betriebslaufzeit: 1-15 Jahre
Untersuchte Windpark-Jahren insgesamt: 1.000 +
Turbinenhersteller: alle Hersteller gängig auf den deutschen Markt vertreten

Definition

$$\text{Systemverfügbarkeit} = \frac{\text{Zeitdauer der Betriebsbereitschaft}}{\text{Gesamtzeit}}$$

Verfügbarkeit und Leistungssteigerung

Leistung hängt nicht nur von der Verfügbarkeit aber auch von der Effizienz ab!



Anlagenstillstand unter 3% der Betriebszeit
- Garantiert beim Serviceanbieter

VERFÜGBARKEIT



Anlagen betriebsbereit für >97% der Betriebszeit
- Aber wie effizient?

BETRIEBSEFFIZIENZ

Betriebseffizienz: Was kann erwartet werden?

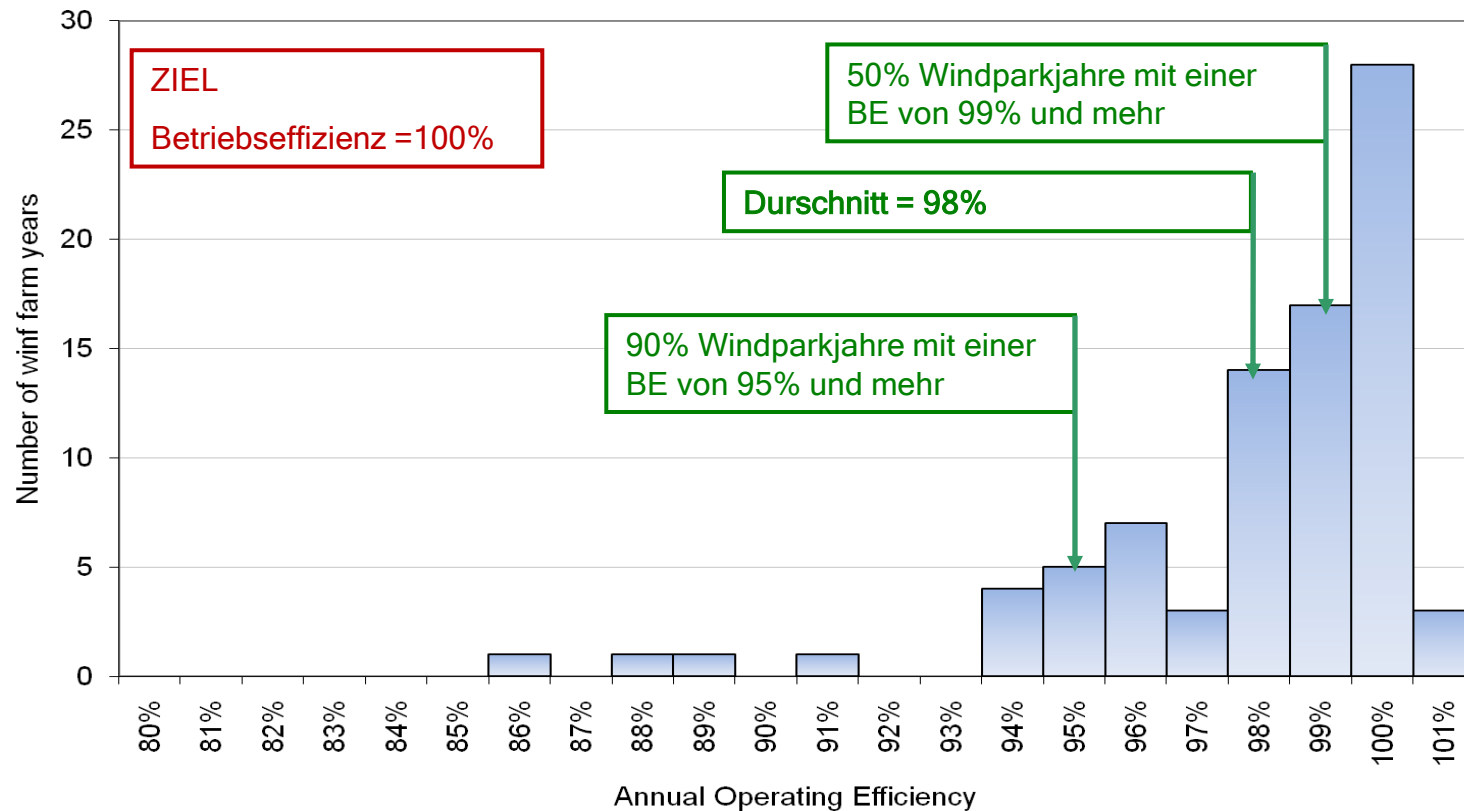
Databasis

Windparkanzahl: 40+
Windpark Standort: Europa
Betriebslaufzeit: 1-6 Jahre
Untersuchte Windparkjahre insgesamt: 85+
Turbinenhersteller: alle Hersteller gängig auf den deutschen Markt vertreten

Definition

$$\text{Betriebseffizienz (BE)} = \frac{\text{IST Energieertrag}}{\text{SOLL Energieertrag}^*}$$

* Bei „Normalbetrieb“



Wie Sorge ich für einen sicheren und effizienten Betrieb?

AUS DATEN WISSEN
GEWINNEN

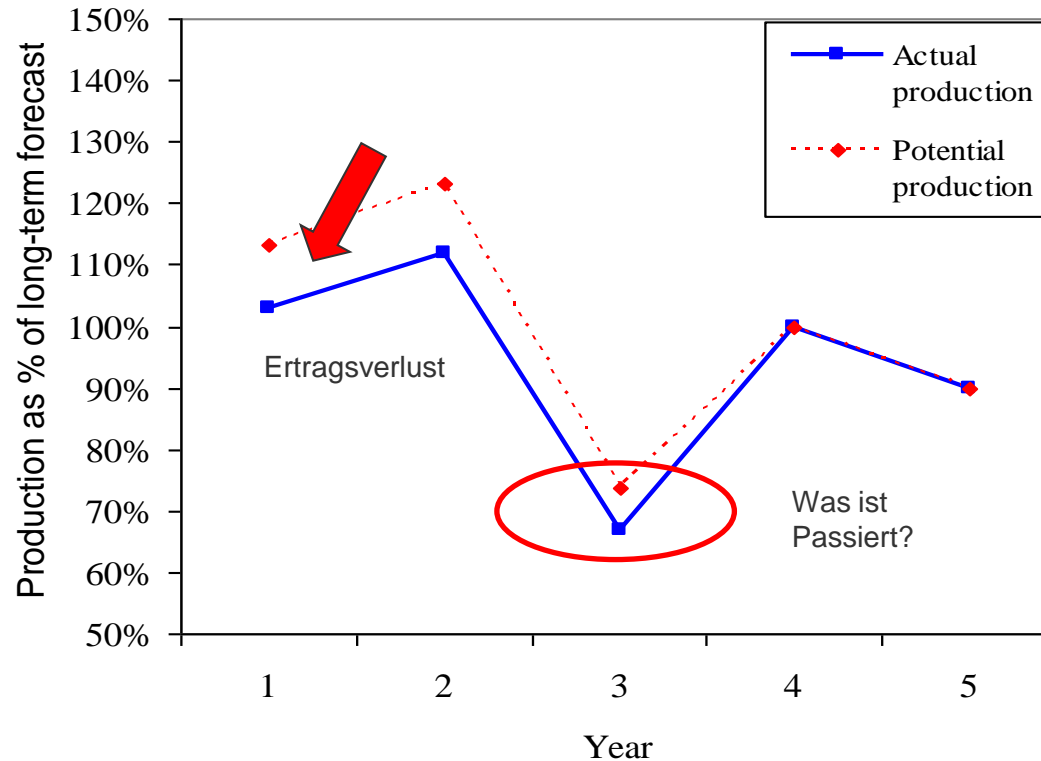
WISSEN IN DIE
TAT UMSETZEN

ANLAGENWERTE
AUSSCHÖPFEN



Zeit ist kostbar... Verschwende es mit Bedacht!

**Warte nicht mit der Betriebsdatenanalyse
bis die Erträge deutlich unter der Prognose liegen...**



...da dann kann es schon zu spät sein!

Beispiel - Verfügbarkeit

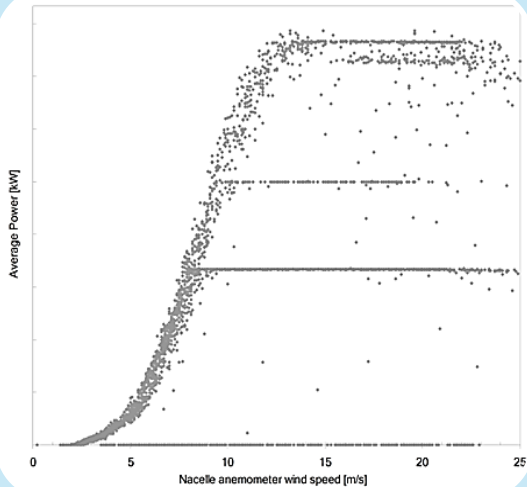
Status description	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07
LINE FAULT VOLTAGE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MOTOR PROTECTION TOP CABINET	0.0	2.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
PROGRAM START PLC	0.9	0.5	0.3	3.5	0.3	0.0	2.2
NO ACTIVITY CAN-BUS CCU	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.8	0.0
ROTOR CCU COLLECTIVE FAULTS	0.0	0.0	0.0	4.8	3.2	0.0	0.0
TIMEOUT PITCH CONTROLLER	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
GEARBOX OIL LEVEL TOO LOW	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1
BATTERY VOLTAGE LOW AXLE 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
REPAIR	1.4	0.0	0.0	0.2	1.6	0.3	0.2
LIMIT SWITCH ROTOR BLADE 90° DEFECTIVE	5.0	4.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
BRAKING PAD OF SECONDARY BRAKE WORN OUT	0.0	0.0	2.1	1.3	0.0	0.0	0.0
BLADE ANGLE ASYMMETRY	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BATTERY VOLTAGE LOW AXLE 3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
UNDERVOLTAGE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
OVERTEMPERATURE PITCH MOTOR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
GENERATOR BRUSHES WORN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NO SPEED REDUCTION WITH SECONDARY BRAKING	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3
YAW LIMIT SWITCH ACTIVATED	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0
MOTOR PROTECTION PITCH MOTOR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
All other statuses	0.1	0.1	2.0	1.3	0.9	0.7	0.1
	8.8	7.5	5.8	15.7	6.2	2.3	2.9

Schadenersatzanspruch

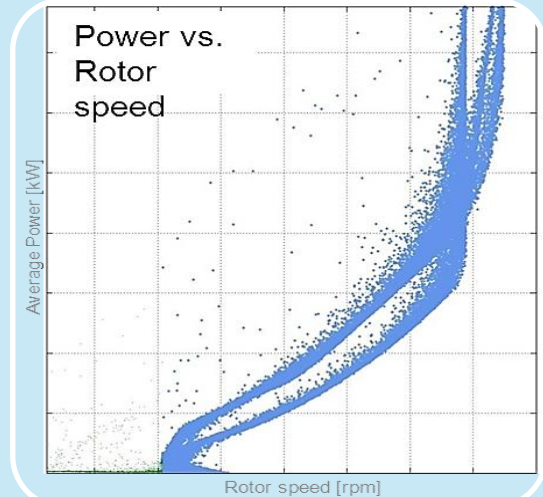
- Der Schadenersatzanspruch aufgrund von Verfügbarkeitsgarantie berechnet durch den Anlagenhersteller betrug £35k
- DNV GL führte eine Betriebsdatenanalyse durch und zeigte Fehler bei der Zuweisung von Ausfallzeiten auf
- Der letztendlich gezahlte Schadenersatzanspruch betrug **£300k**



Häufige Ursachen der Verschlechterung der Betriebseffizienz



Leistung vs. Windgeschwindigkeit



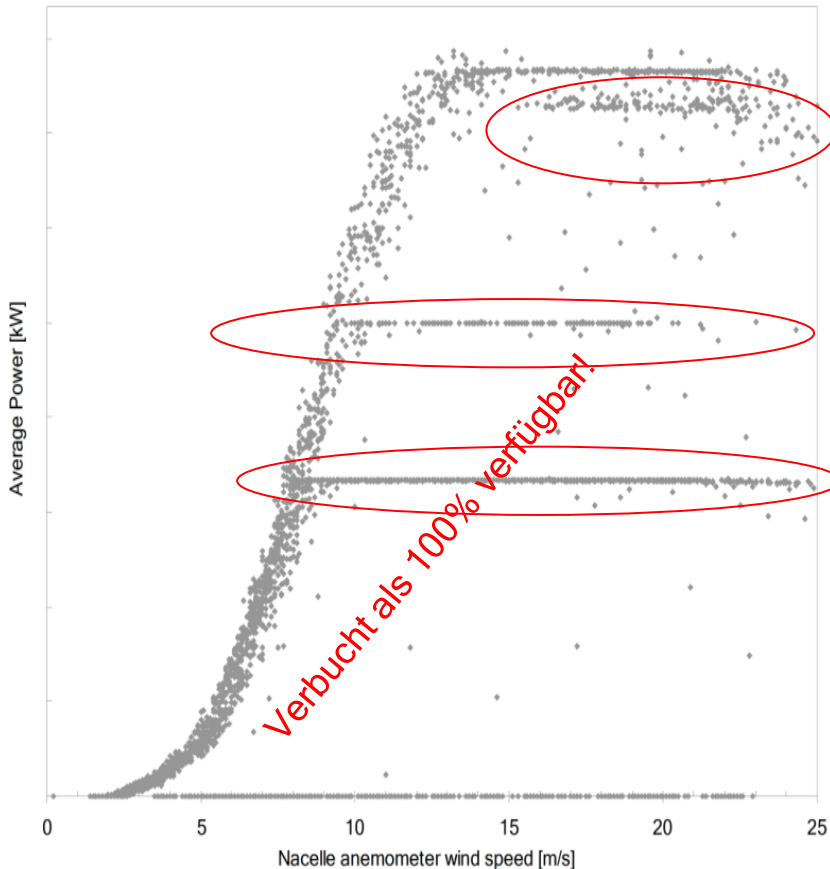
Leistung vs. Rotordrehzahl

Leistungs-
begrenzung

Komponenten-
versatz &
Sensorfehler

Suboptimale
Regler-
Einstellungen

Beispiel - Betriebseffizienz



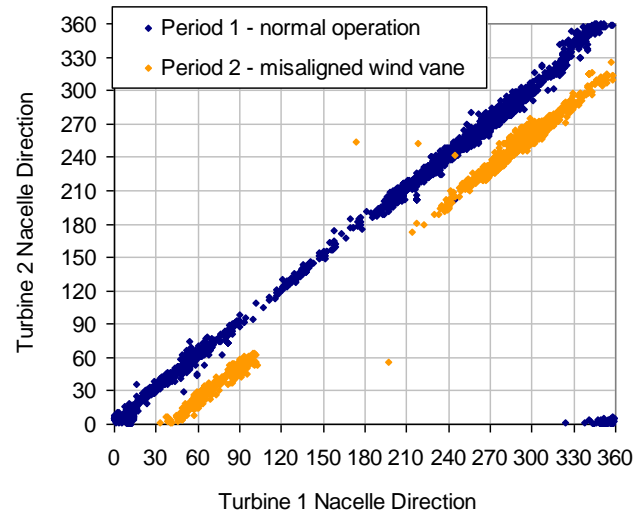
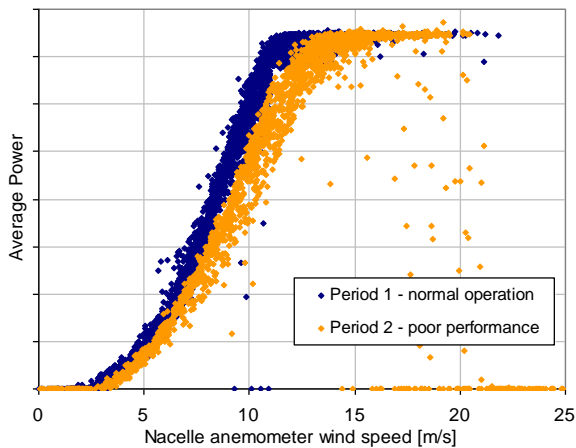
Leistungsbegrenzung

- Der Energieertrag lag deutlich unter dem Soll-Wert trotz sehr guter Windverhältnissen und guter Verfügbarkeit
- Dank der Betriebsdatenanalyse wurden Zeiträume mit reduzierter Leistung der Anlagen identifiziert und die Verluste kalkuliert
- **Die Einnahmenverluste betragen £200k** verursacht durch manuelle Leistungsreduzierung der Anlagen (ca. £5k pro WEA)
- Die Leistungsreduzierung wird jetzt verringert durch regelmäßige Überwachung

Beispiel - Betriebseffizienz

Windfahnen-Ausrichtung

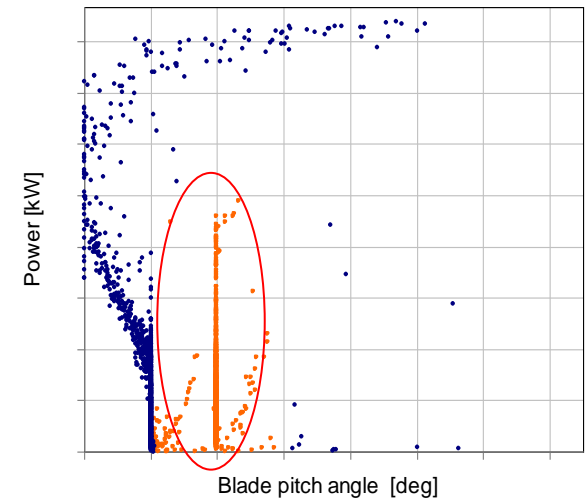
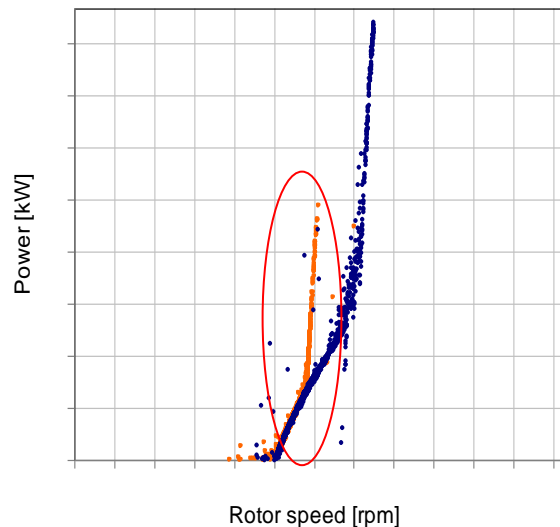
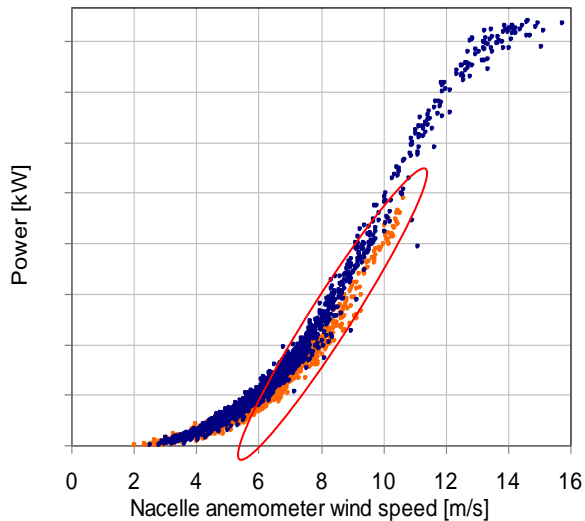
- Eine falsche Ausrichtung der Windfahne wurde durch SCADA-Daten Analyse identifiziert und bei gezielten Inspektion bestätigt worden
- Eine neue genauere Methode für die Ausrichtung wurde in einer Zusammenarbeit mit dem Anlagenhersteller ausgearbeitet und implementiert
- Mit wenig Aufwand wurden geschätzt **£150k Einnahmenverluste pro Jahr** wurden vermieden



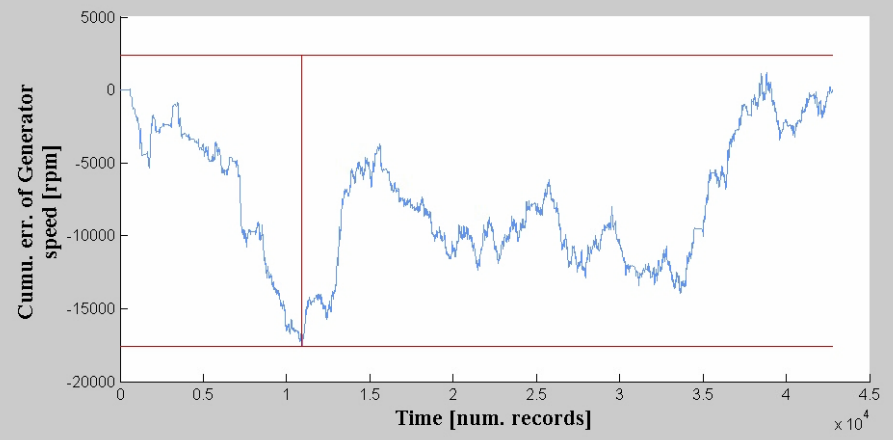
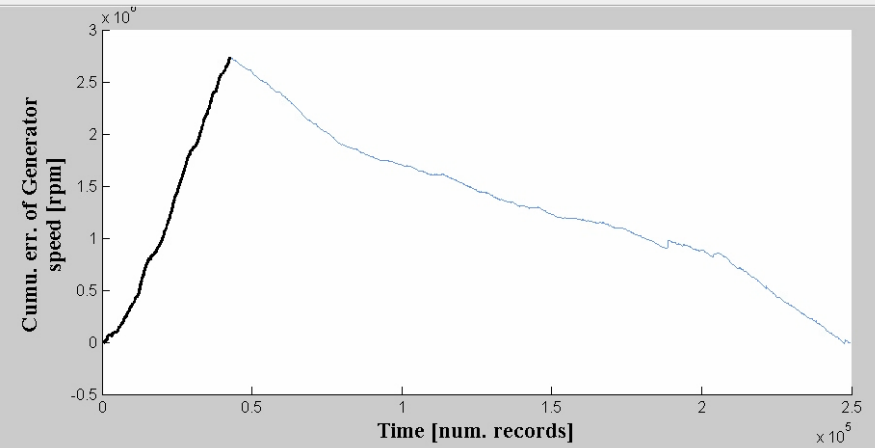
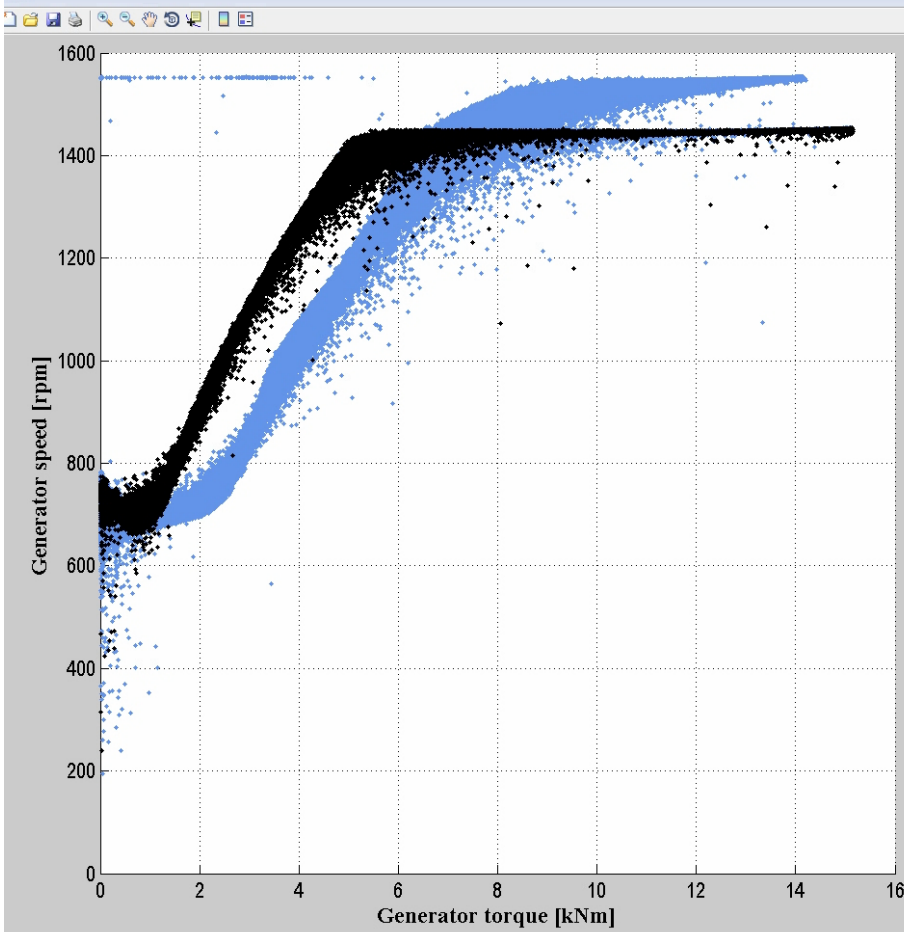
Beispiel - Betriebseffizienz

Suboptimale Regler-Einstellungen

- Suboptimale Regler-Einstellungen wurden bei einer regelmäßigen Betriebsdatenanalyse entdeckt
- Der Anlagenhersteller wurde informiert und der Fehler wurde behoben
- Der ungedeckter Fehler könnte zu Einnahmenverlusten von bis zu **€30k pro Anlage** führen



Suboptimale Leistung: Automatisierte Erkennung mit Multichannel-Changepoint-Analyse



Komponentenfehler: Erkennung durch SCADA-Based Condition Monitoring (SCM)

SCHRITT 1

Verwende SCADA Daten, um die Beziehung zwischen der Anlagenbetriebsbedingungen und einem Komponente-Temperaturmodell (z.B. Getriebetemperatur) herzustellen

SCHRITT 2

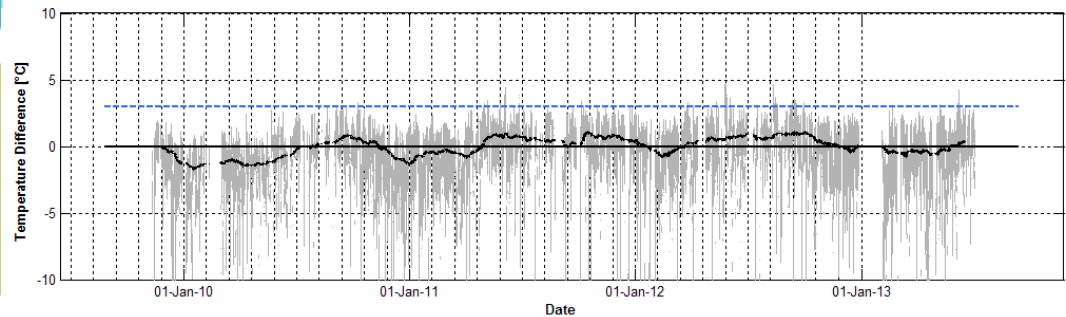
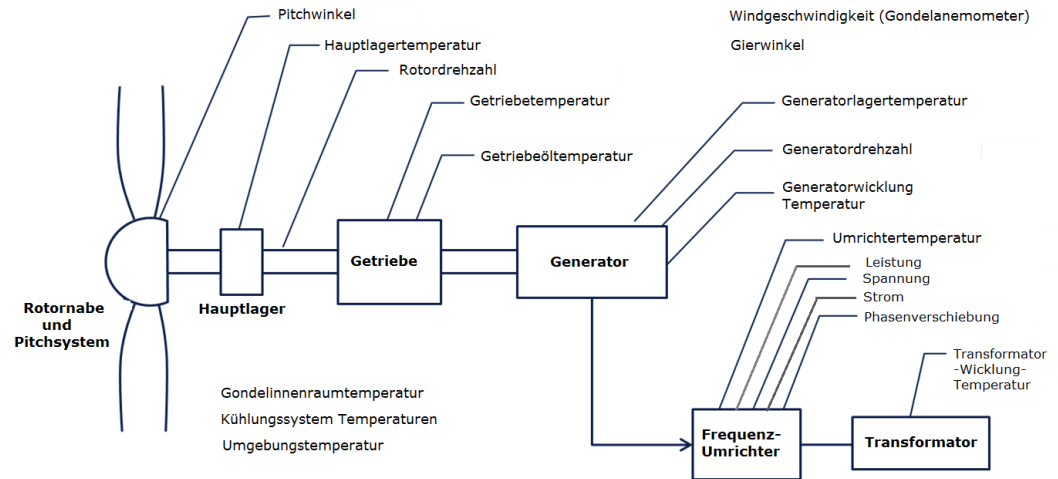
Verfeinere das Modell anhand von Daten aus 'Normalbetrieb'

SCHRITT 3

Wende das Modell auf die neuen SCADA-Daten bei konstanter Überwachung von Anlagen

SCHRITT 4

Vergleiche die aktuellen Temperaturen mit dem modellierten Wert – jegliche Abweichungen können auf eventuelle Fehler hinweisen



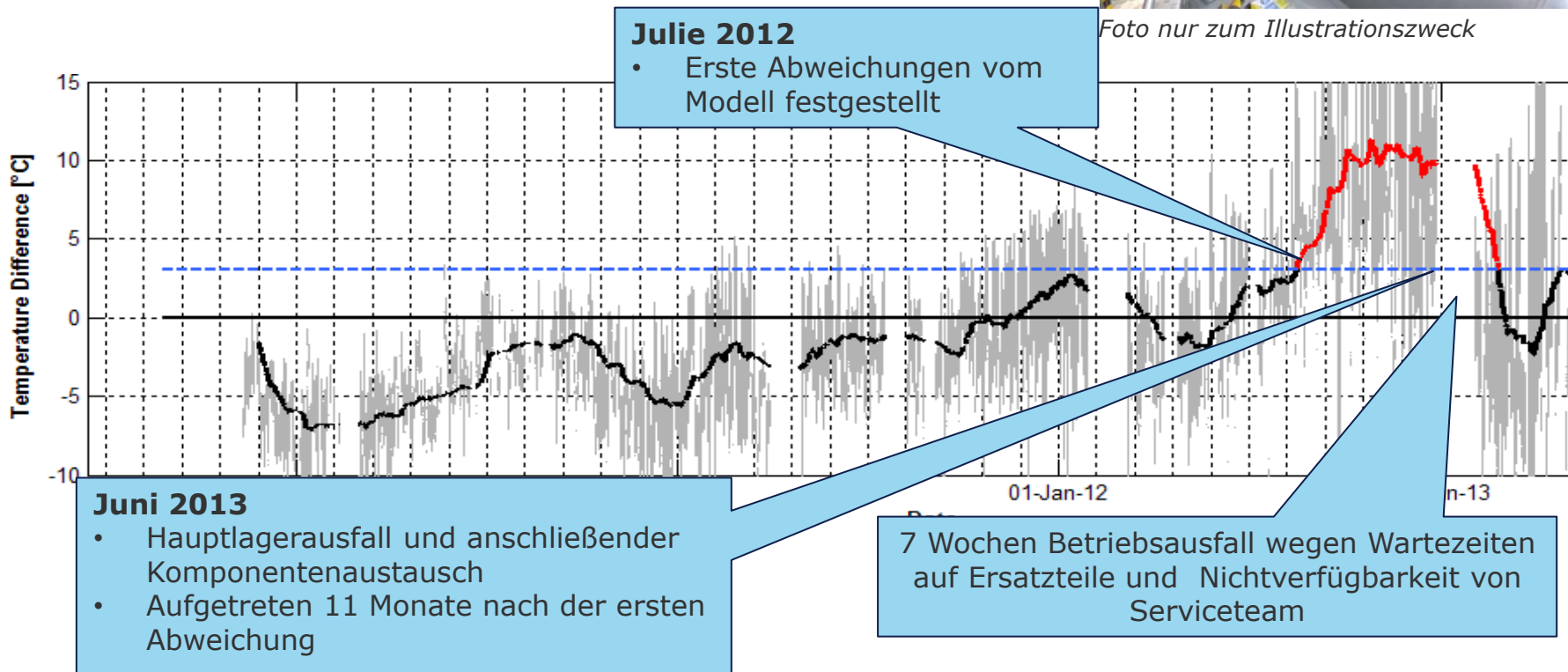
Quelle: Comparison of Methods for Wind Turbine Condition Monitoring with SCADA Data (Wilkinson, EWEC 2013)

Komponentenfehler: Beispiel: Hauptlagerversagen

- Traditionell betriebenen Windpark mit "Laufenlassen-bis-es-kracht Mentalität,,"; Unterstützt durch regelmäßige Wartungen.
- SCM Modell passiv angewendet ohne einzugreifen



Foto nur zum Illustrationszweck

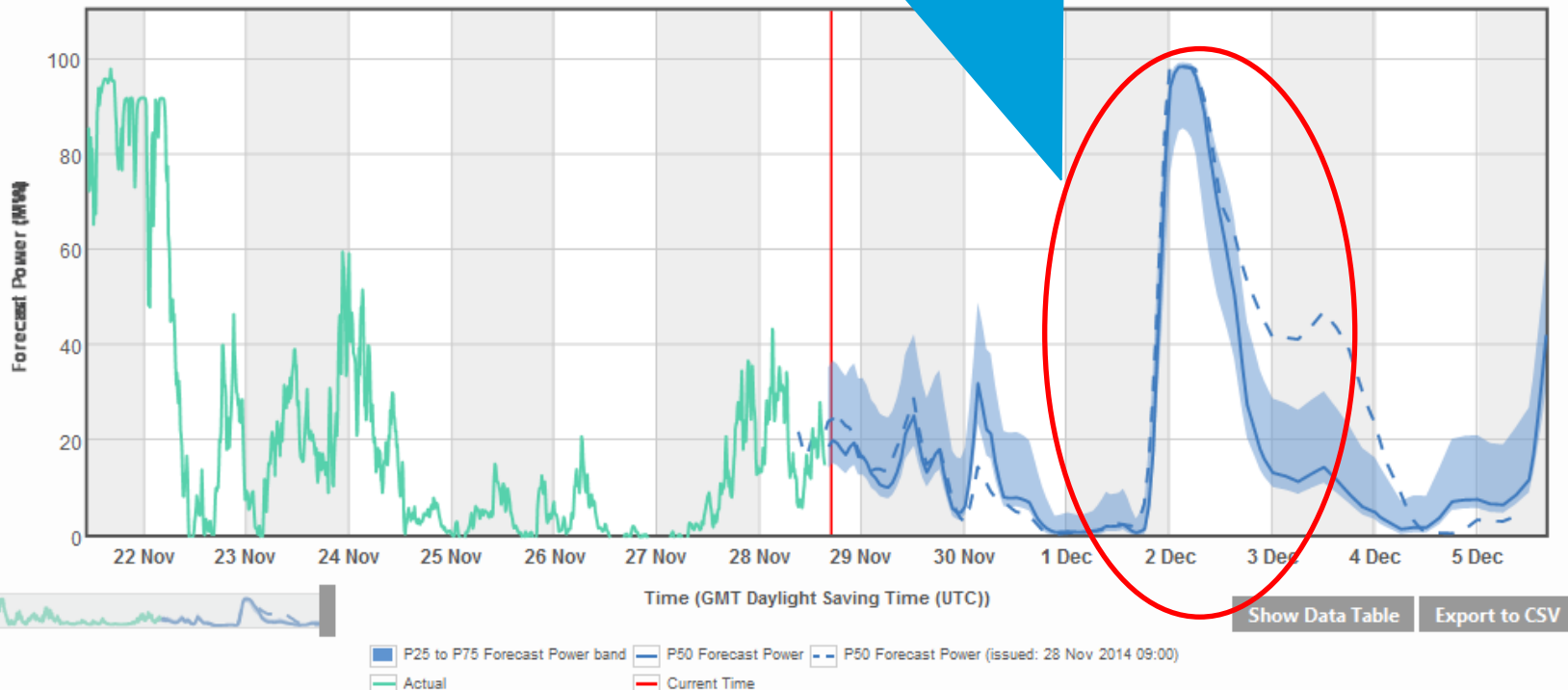


- €80k Einnahmeverlust wegen 7 Wochen Ertragsausfall könnte vermieden/minimiert werden

Wissen in die Tat umsetzen und Anlagenwert ausschöpfen



Eine moderne Leitwarte kann alle Störungen in nahezu Echtzeit erkennen und die Gegenmaßnahmen planen um die Ertragsverluste zu minimieren



Erkenntnisse



$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p$$

Datenqualität und Datenmenge

Immer mehr Datenmengen von einem breiteren Spektrum an Sensoren führen zur einer besseren Datenqualität und ermöglichen stärkere Optimierungsmaßnahmen.

Verfügbarkeit

Eine Systemverfügbarkeit von 97% wird zurzeit generell problemlos erreicht, jedoch eine gute Betriebsdatenüberwachung und Betriebsführung können nachhaltig zu 98% Verfügbarkeit und mehr führen.

Betriebseffizienz

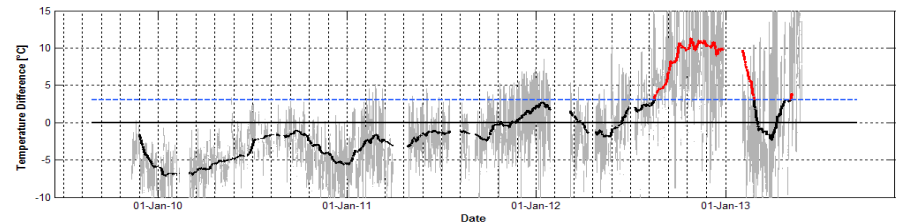
Die modernen Windkraftanlagen sind auf 100% Betriebseffizienz ausgelegt, in der Praxis erreichbar nur mit Hilfe von regelmäßigen Betriebsdatenanalyse und einer guten Betriebsführung.

Notwendige Infrastruktur

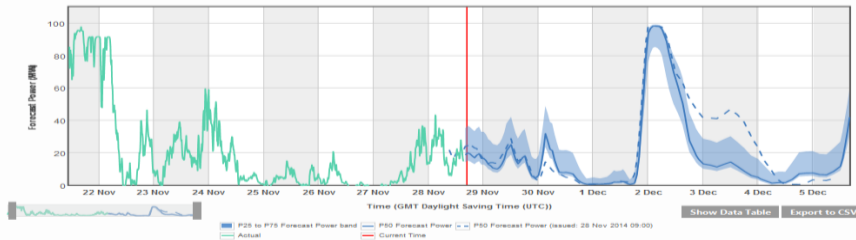


"Live" Überwachungstechniken mit ausgefeilten Analysetools

Gezielte Inspektionen und Wartungen basierend auf Betriebsdatenanalyse



Intelligentes Wartungsmanagement unterstützt durch präzise Ertrags- und Wetterprognosen



Proaktive Betriebsführung aufgebaut auf guten Beziehungen mit den Anlagenherstellern



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Agnieszka Kadzewicz

E-mail agnieszka.kadzewicz@dnvgl.com

Mobile +49 172 826 36 26 | Direct +49 441 36116 739

www.dnvgl.com

SAFER, SMARTER, GREENER