

## Integration eines CompactRIO- gesteuerten Anti-Icing- System in ein Leitsystem der Windenergie mittels OPC UA



*Fürstenfeldbruck,  
**I. Kühl** (Nordex), **K.  
Pinkawa** (AMS), Dr. A.  
Wenzel (Nordex), R.  
Taraschewski (AMS),  
23.10.2014*



## 1. Controller

- AIS
- LabView und CompactRIO 9023

## 2. Fragestellung und Vision

- Motivation der Datenintegration
- Integration AIS

## 3. Kommunikationstechnologie

- Übersicht
- Fernwirkprotokolle
- PC-basierende Kommunikation

## 4. Lösung

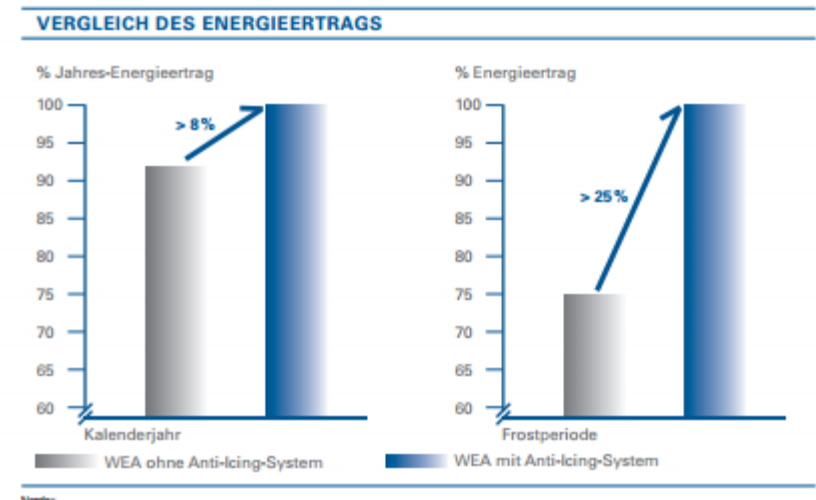
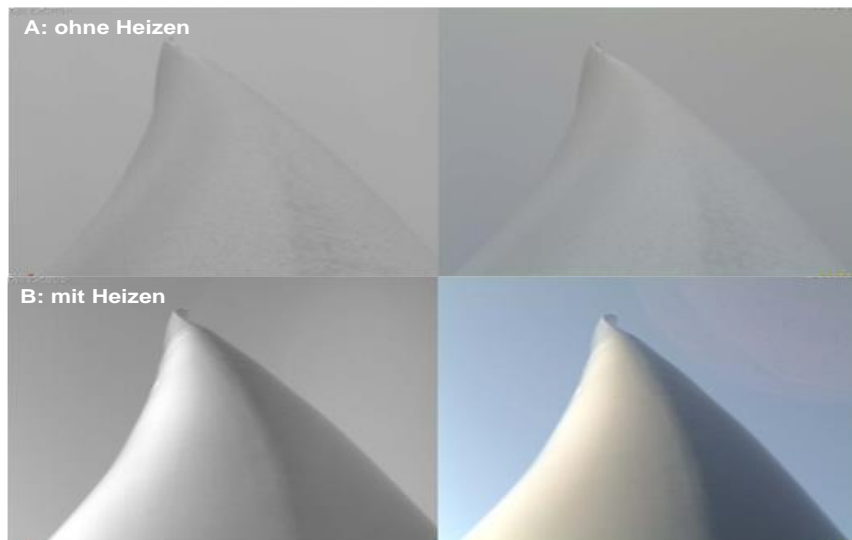
- Übersicht
- Kommunikation
- Architektur AIS
- Performanz

## 5. Lessons learned

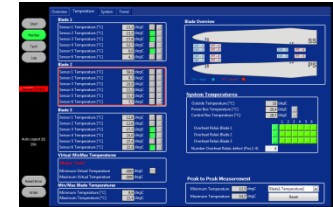
- Status der Lösung
- Herausforderungen



- Nordex ist ein Anbieter von Windenergieanlagen im Leistungsbereich von 1.5 – 3.3 MW. Darüber hinaus liefert die Firma schlüsselfertige Windparks (inklusive der gesamten Leitungs- und Steuerungssysteme).
- Um Windenergieanlagen eisfrei zu halten, bietet Nordex ein Anti-Icing-System (AIS) für kalte Regionen (wie Skandinavien) an.
- Das Anti-Icing-System ist die Nordex-Lösung um Windenergieanlagen das ganze Jahr hinüber eisfrei zu halten und damit den Ertrag signifikant zu erhöhen.
  - Relativer Zugewinn des Energieertrages von 25% in der Frostperiode.



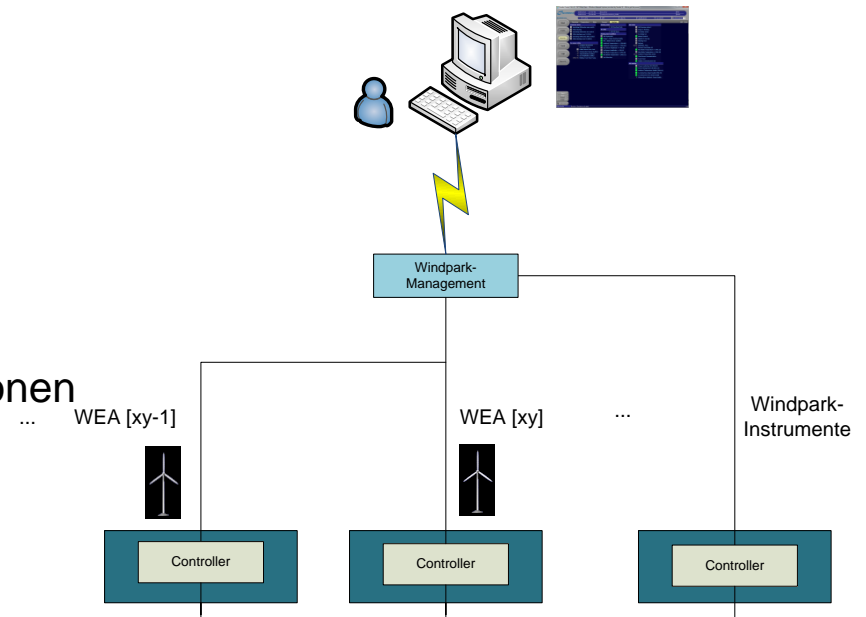
- Entwicklung wurde mit LabView 2011 gestartet und wurde mittlerweile auf LabView 2013 upgedrad (OPC UA).
- Einsatz für bis zu  $-20^{\circ}$  C.
- Softwaresystem besteht aus einem hierarchischen Zustandsmodell und den zugehörigen Regelungsalgorithmen für die automatische und manuelle Ablaufsteuerung.
- Ein Web-Server dient der Inbetriebnahme und Diagnose:
  - Anzeige von Temperaturwerten;
  - Status- und Fehler-Anzeigen;
  - Absetzen von Kommandos.



- Controller: CompactRIO 9023
  - Speicher: 256 MB DDR2 RAM
  - Prozessor: 533 MHz
  - Betriebssystem: VxWorks
- Backplane: CompactRIO 9112
- Digital IO für Input: CompactRIO 9403
- Digital IO für Output: CompactRIO 9485
- Analog IO: CompactRIO 9217

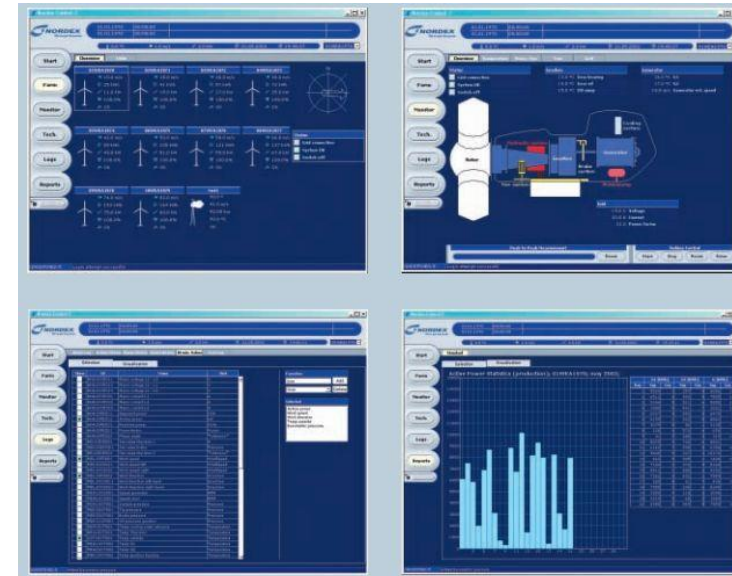


- **Nordex Control 2** ist die integrierte Steuerungs-, Regelungs- und Leitebenensoftware von Nordex.
- Sie dient zur Inbetriebnahme, zur automatischen Steuerung und Regelung, zur permanenten Überwachung sowie zur Analyse.
- Sie ist die Nordex-Lösung zur
  - einheitlichen Überwachung unterschiedlicher Geräte,
  - mit einem einheitlichen Nutzermanagement,
  - sie verwendet einen etablierten Weg zur Integration ins Backend und
  - ermöglicht dort die Verknüpfung von Informationen und detaillierter Analyse.



- Nordex Control 2 kann in zwei Blöcke unterteilt werden:
  - Steuerungs- und Regelungsebene sowie
  - Leitebene.
- SPS-basierende Steuerungs- und Regelungssoftware in der WEA und für den gesamten Windpark:
  - Einhaltung der länderspezifischen Gridcodes durch geeignete Regelungsalgorithmen;
  - Aufzeichnung und Weitergabe von Statistikwerten und Logs;
  - Aufnahme von hochgenauen Traces zur genauen Analyse von analogen Signalen;
  - Bereitstellung einer Kommando-Schnittstelle;
  - Weitergabe von analogen und digitalen Live-Daten.

- Auf der Leitebene vollführen Applikationsserver die folgenden Aufgaben:
  - Visualisierung von Live- und historischen Daten;
  - Steuern von Geräten:
    - Senden komplexer Kommandos;
    - Vorgabe von Sollwerten;
  - Analyse von Echtzeitwerten (Traces und Logs);
  - Archivierung von Signalen in einer Datenbank und
  - Senden von Status- und Alarmmeldung in das Nordex-Backend.

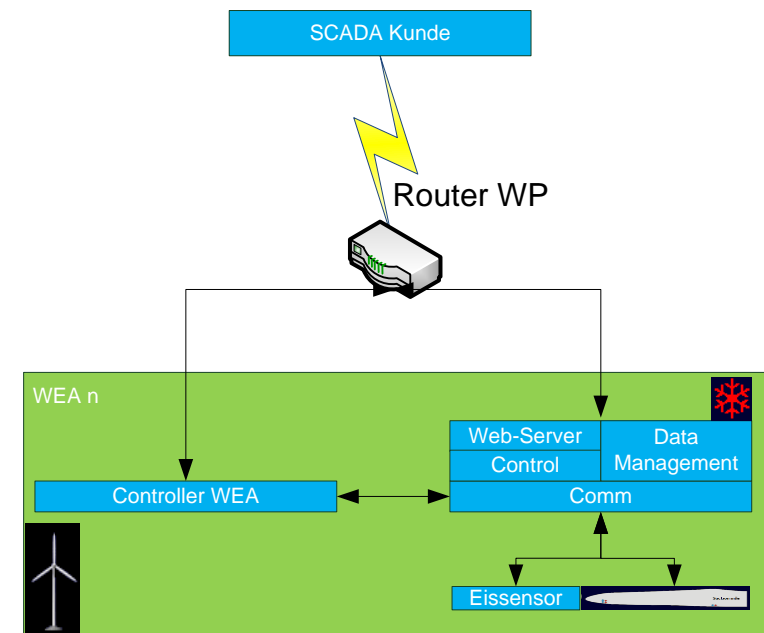




- **Zielsetzung für eine Geräteintegration:**
  - Übernahme der etablierten Datenschnittstelle zwischen Steuerungs- und Leitebene;
  - Aufzeichnung und Weitergabe von
    - Logs
    - Statistikwerten
  - Bereitstellung von analogen und digitalen Live-Signalen
  - Bereitstellung der Kommando-Schnittstelle
    - Zum Absetzen komplexer Kommandos
    - Veränderung von Parameterwerten.



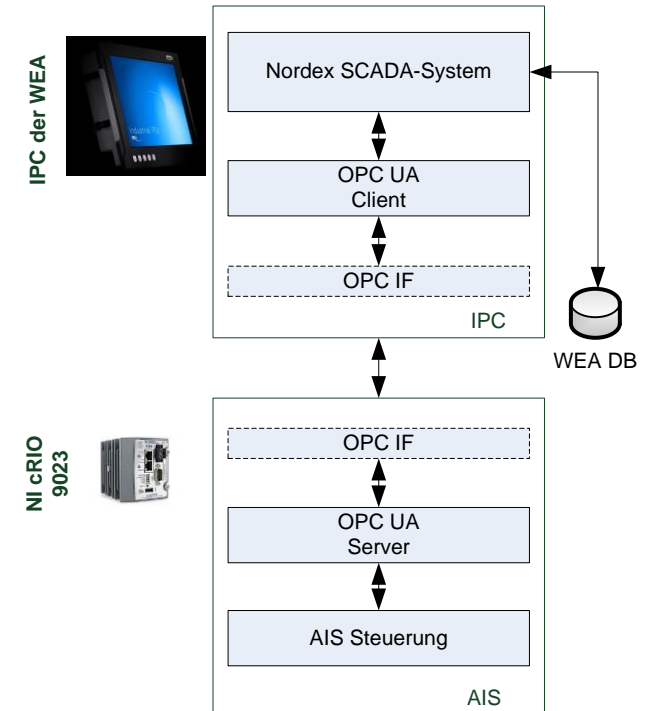
- Webserver ist eine Standalone-Lösung. Das AIS kann daher nicht mit der zentralen SCADA-Visualisierung von Nordex überwacht werden;
- AIS hat eigene Zugangskontrolle auf dem CompactRIO und daher keine Integration in das Sicherheitskonzept des Windparks;
- Keine zentrale Datenarchivierung (10min-Mittelwerte und Logs).
- **→ Bedarf für eine Datenschnittstelle zwischen AIS und SCADA-System.**



- Als Lösung für eine Datenintegration bieten sich folgende Kommunikationstechnologien an:
  - Fernwirkprotokolle
    - Modbus RTU/TCP
    - IEC 60870-5-10x
    - IEC 61850
  - PC-basierende Protokolle
    - Klassisches OPC
    - OPC Unified Architecture

| Kriterien               | Modbus RTU/TCP | IEC 60870-5-x | IEC 61850       | Klassisches OPC | OPC UA |
|-------------------------|----------------|---------------|-----------------|-----------------|--------|
| Data Access             | X              | X             | X               | X               | X      |
| Alarm&Event             | -              | X             | X               | X               | X      |
| Historical Data         | -              | X             | -               | X               | X      |
| Commands                | -              | (X) - ASDUs   | X               | -               | X      |
| Authentication          | -              | -             | (X) – IEC 62351 | (X) – DCOM      | X      |
| Encryption              | -              | -             | (X) – IEC 62351 | -               | X      |
| Third-Party Security    | -              | -             | -               | -               | X      |
| OO Information Model    | -              | -             | X               | -               | X      |
| Timestamps              | -              | X             | X               | X               | X      |
| Kommunikation anpassbar | -              | -             | (X)             | -               | X      |
| Firewall-freundlich     | -              | -             | -               | -               | X      |
| On Target               | X              | X             | X               | -               | X      |

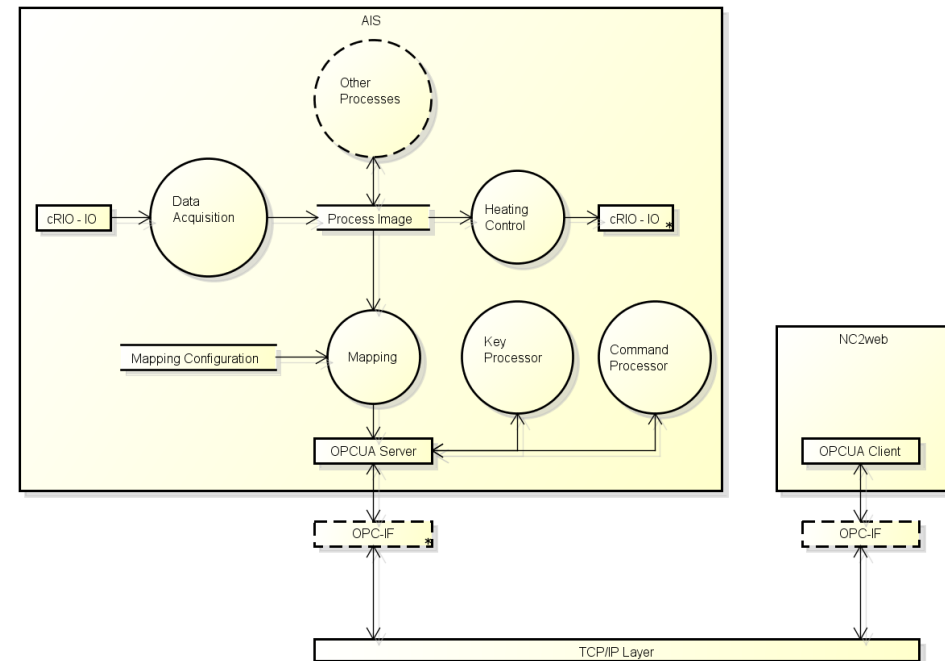
- Die NC2-Visualisierung kommuniziert über einen selbstentwickelten OPC UA-Client mit dem AMS OPC UA-Server direkt auf dem AIS (on target), dem CompactRIO 9023.
- Das SCADA-System abstrahiert von den OPC-Daten und legt jegliche Signaldaten in einem eigenen Adressraum ab.
- Ein Hintergrundprozess archiviert die Signalwerte in einer Datenbank.



| Datenklasse      | Frequenz  | Datentyp |
|------------------|-----------|----------|
| Analoge Signale  | 3s        | Array    |
| Digitale Signale | 3s        | Array    |
| Logs             | On change | Array    |
| Statistik        | 10min     | 2D-Array |
| Meta-Daten       | On change | Skalar   |

- Zwecks schneller Kommunikation wird OPC TCP (UA Binary) verwendet.
  - → deutlicher Geschwindigkeitsgewinn gegenüber HTTP.
  - Sinnvoll bei Feldbus-Nähe und wenn keine Firewall-Grenzen überwunden werden müssen.
- Signal-Variablen werden synchron gepollt;
- Kommandos sind applikativ implementiert;
- Mehrere parallele Request-Handler senden für unterschiedliche Datenklassen von einander unabhängig Requests an das AIS;
- Zugriff auf das AIS wird über Server- und Client-Zertifikate (X.509) gewährt.

- OPC UA-Server und zentrale Steuerung des AIS kommunizieren über eine Warteschlange.
- Definierte Signale und für OPC UA freigegeben, sind in einer Konfigurationsdatei abgelegt;
- Logs werden als binäre Dateien auf der Festplatte persistiert.



| Float (SGL)                                     | Anzahl | Summe Datenmenge | Einheit |
|---|--------|------------------|---------|
|   | 13     | 52               | Byte    |
| Integer (diverse Typen)                         | 60     | 230              | Byte    |
| Boolean   | 8      | 1                | Byte    |
| Float Array (SGL)                               | 12     | 3784             | Byte    |
| Integer Array (diverse Typen)                   | 29     | 3481             | Byte    |
| Float 2D Array (SGL,<br>Dimensionalität: 4x145) | 4      | 148480           | Byte    |
| Summe   | 126    | 155648           | Byte    |

| Szenario   | Prozessor-Auslastung (%) |
|--|--------------------------|
| AIS-Prozess mit deaktiviertem OPC UA-Server (Zugriff ohne Webserver) | 36                       |
| AIS-Prozess mit aktiviertem OPC UA-Server (Zugriff ohne Webserver)   | 39                       |
| Worst-Case mit aktiviertem OPC UA-Server (Zugriff ohne Webserver)    | 75                       |



- Implementierte Funktionen:
  - Anzeige von digitalen und analogen Echtzeitwerten;
  - Anzeige von Logs und Statistikwerten;
  - Steuerung über applikative Kommandos;
- Zukünftige Funktionen:
  - Aufzeichnung von Traces (hochgenaue Echtzeitwerte über definierten Zeitraum);
  - Statistikwerte über Historical Access (DIN EN 62541-11);
  - Digitale Signale über Alarm & Events (DIN EN 62541-9);
  - Kommandos per DIN EN 62541-10;

- Entwicklung der OPC UA-Bibliothek von National Instruments folgt einer evolutionären Vorgehensweise.
- Bisher sind vor allem die Funktionen eines Data Access Servers (IEC 62541-8) sowie die Authentifizierung über Zertifikate (IEC 62541-2) implementiert.

| Auffälligkeiten   | Release        | Bugfix  |
|---|----------------|---|
| Kein Reconnect möglich nach ersten Connect zwischen Client und Server | LabView 2012   | Ja, außerhalb Release-Zyklus – spezielle Nordex-Edition |
| 2D-Felder nicht vorhanden   | Nordex Edition | Ja  |
| ValueRank nicht implementiert   | -              | Nein  |
| Fehlerhafte Handle-Zuordnung von Request und Response                 | -              | Anhaltende Diagnose                                     |

- **Zusammenfassung:**
  - Die OPC UA-Bibliothek kann für Prototypen gut benutzt werden. Durch die enormen Vorteile des Standards IEC 62541 gegenüber anderen Kommunikationstechnologien hat sich ihr Einsatz rentiert.
  - In Hinsicht auf ihre Stabilität muss sie allerdings noch reifen.
  - Der Funktionsumfang muss klar dokumentiert werden (OPC UA Profiles).
  - Eine Zertifizierung durch ein akkreditiertes Labor ist sehr empfehlenswert.