

# Die Vernetzung von Windenergieanlagen als Basis eines modernen Windparkmanagements



**NORDEX Energy GmbH,  
Softwareentwicklung  
Dr. - Ing. Wolfgang Kabatzke  
Bornbarch 2  
D – 22 848 Norderstedt  
Erich-Schlesinger-Str.50  
D - 18 059 Rostock**

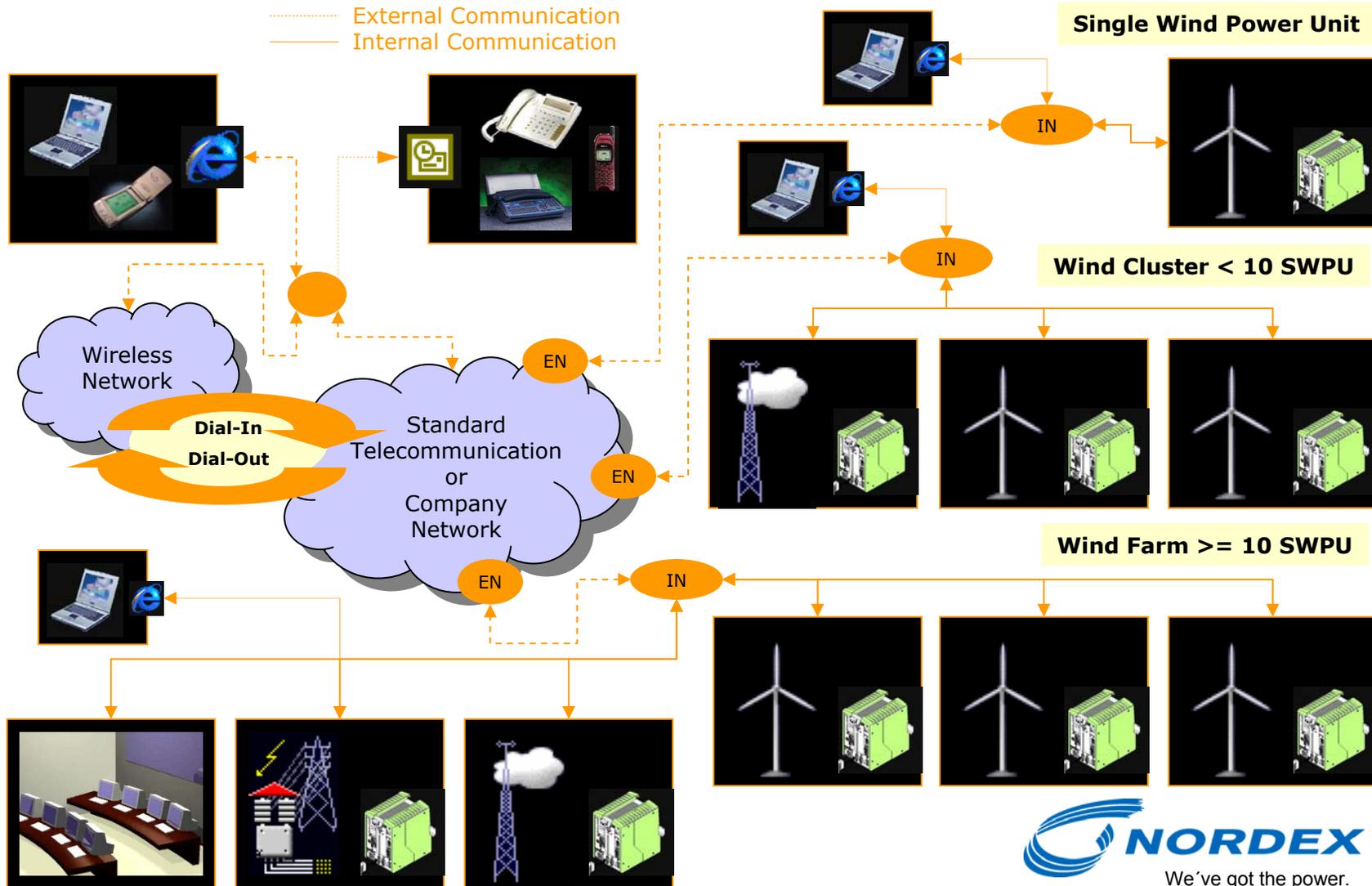


# Agenda



1. Das Management moderner Windfarmen
2. Die Hardware- und Softwarebasis für moderne Windparkmanagementsysteme
3. Die Einheit von WFM und WEA in Hardware und Software
  1. Steuerung, Regelung, Betriebsführung einer WEA im Windparkverbund – der realisierte Stand
  2. Steuerung, Regelung, Betriebsführung einer WEA im Windparkverbund – eine zukunftsorientierter Lösungsansatz
4. Zusammenfassung

# Der Windpark: Eine aufgabenorientierte Struktur

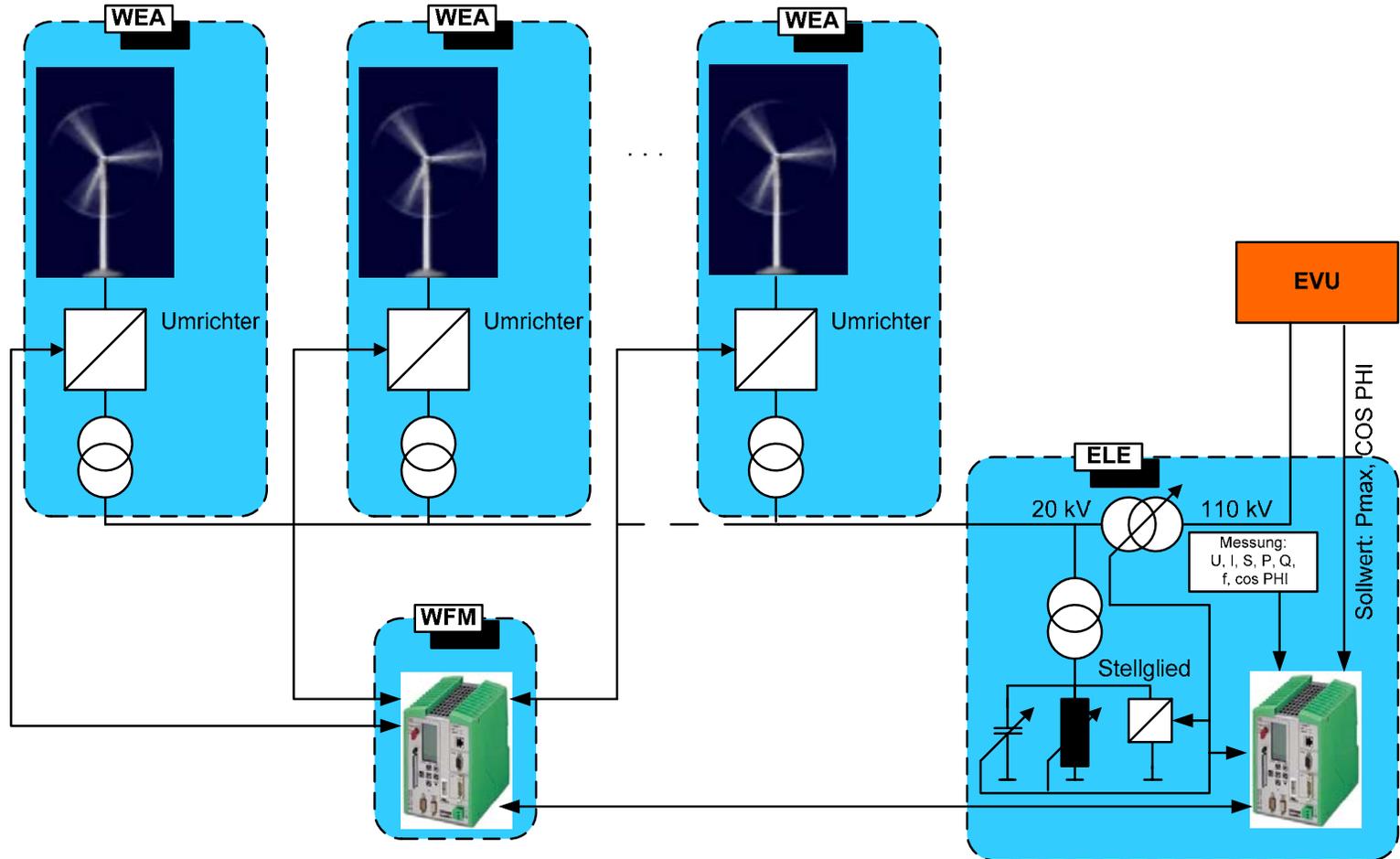




# Das Management moderner Windfarmen

- Das WFM – System ist zur Installation am Übergabepunkt zum Energieversorgungsunternehmen (EVU), d.h. in Nähe der Mittelspannungsverteilung vorgesehen.
- Es verarbeitet die Messwerte vom Übergabepunkt auf der Mittelspannungsebene wie z.B. Spannung, Strom, Leistung und Frequenz.
- Die einzelnen Windenergieanlagen (WEA) im Windpark werden so geregelt, dass die vom EVU vorgegebenen Sollwerte am Übergabepunkt garantiert eingehalten werden.
- Neben der Regelung bietet das WFM auch Begrenzungen für Wirk- und Scheinleistung, falls der Windpark nicht zu 100 % ausgelastet werden soll.
- Das WFM kann zusätzlich über analoge und digitale Schnittstellen z. B. zum EVU eingerichtet werden. So kann der Windpark in das überregionale Energiemanagement des EVU direkt eingebunden werden.
  - ▶ Für jedes Windparkprojekt ist es heute ein Muss, die ökonomische Performance des Gesamtsystems zu optimieren.

# schematische Struktur eines übergeordneten Windfarmmanagements (WFM)



# Die Hardware- und Softwarebasis für moderne Windparkmanagementsysteme



- Die modernen Technologien und Methoden der Datenvernetzung von WEA bieten hier immense Möglichkeiten aktive Windfarmen zu planen und zu gestalten.
- Dem Windfarmmanagement werden hohe zeitliche Forderungen abverlangt. Speziell bei Reaktionen auf Ereignisse im unteren ms-Bereich, insbesondere Spannungseinbrüchen, muss Rechnung getragen werden, sollen die einzelnen WEA zusätzlich von WFM effektiv geschützt und überwacht werden.
- Daneben lassen sich WFM-Systeme mit Aufgaben erweitern, die der Datengewinnung und der Qualitätssicherung dienen.

# Die Aufgaben moderner Windfarmmanagementsysteme im Detail



- Die Aufgaben eines komplexen Windparkmanagementsystems müssen vor einer Umsetzung in Hardware und Software spezifiziert und klassifiziert werden.
- Wie nachfolgend gezeigt dargestellt ist sind zum Tätig werden eines WFM zusätzliche Komponenten notwendig:
  - ▶ in Form der WEA (Energieerzeugung etc.)
  - ▶ in der Anbindung zum EVU (ELE – electric system)
  - ▶ als WFM (eigentliche Windparkmanagementkomponente)

# WFM und Ergankungskomponenten



WEA	ELE	WFM
Leistungsregelung	Messungen: U, I, S, P,Q, $\cos\varphi$	Stoppen und Starten von WEA
Blindleistungsregelung	Schnittstelle zum EVU	Leistungsbegrenzung
Frequenzabhängige Leistungsbegrenzung	Steuerung externer Blind- leistungskomponenten	Blindleistungsregelung
Abschaltung bei Netzfehlern	Kundenspezifische Abschaltungen	Stelltrafo, Kondensator- Bank
	Manahmepaket zum Abfangen von Störfällen	

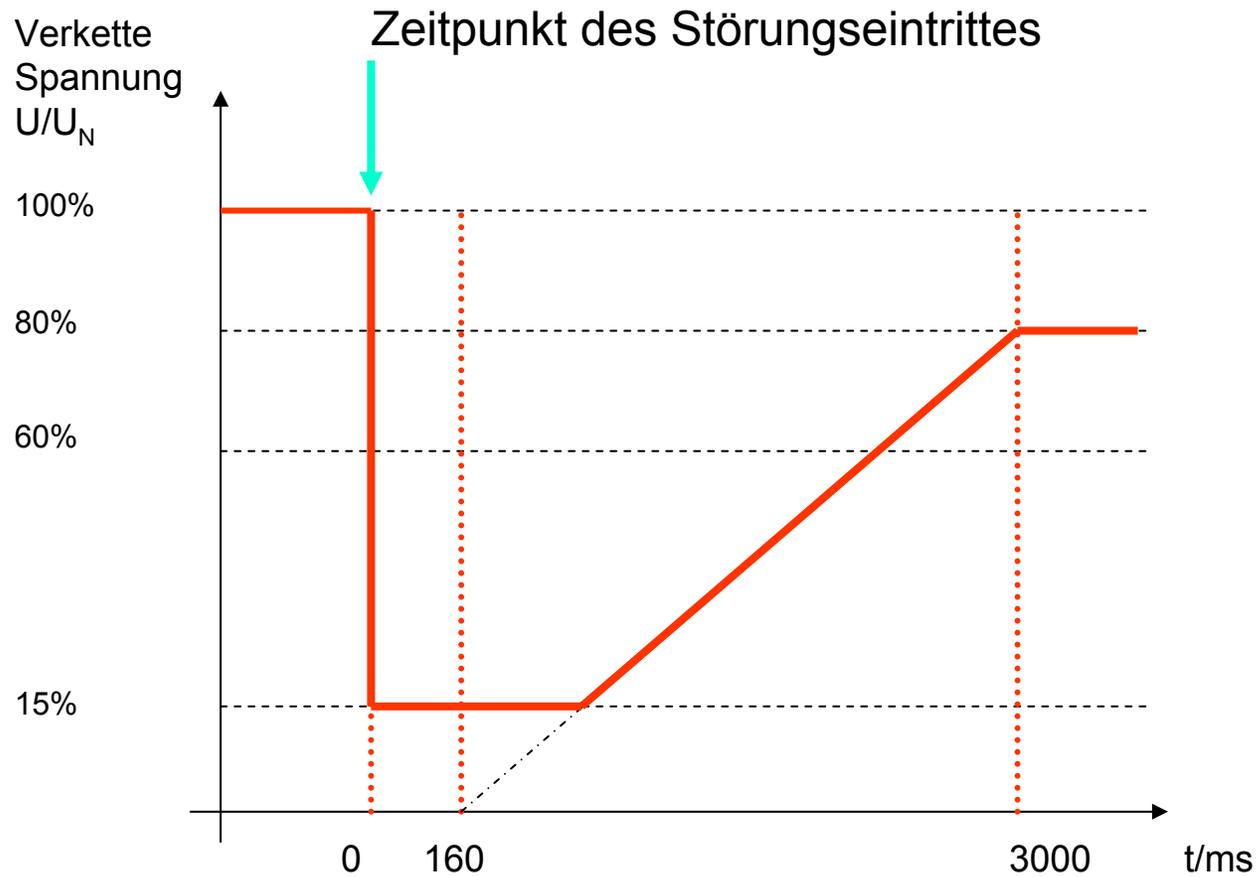


## Load on/off Demand

- Dieser Prozess dient zum gestaffelten Ein- bzw. Ausschalten der WEA eines Windparks. Über das WFM können selektierte Anlagen zentral gesteuert an- bzw. abgeschaltet werden.
- Maßgeblich für diese Funktion sind die durch die Netzbetreiber vorgegebenen Richtlinien und Vorschriften. Exemplarisch sind hier z. B. die Vorschriften nach e.ON (Deutschland) zu nennen.
- Zusätzlich obliegen einem WFM sicherheitsrelevante Überwachungsaufgaben, die sehr hohe zeitliche Anforderungen an das Parkkommunikationskonzept stellen. So müssen z. B. bei Windparks, die konform den e.ON-Gridcodes sind, Überwachungen laufen, die auf 5% Spannungshöhe von Unenn und mit maximalen Verzugszeiten von 100ms reagieren können.



# Verhalten bei Störung im Netz

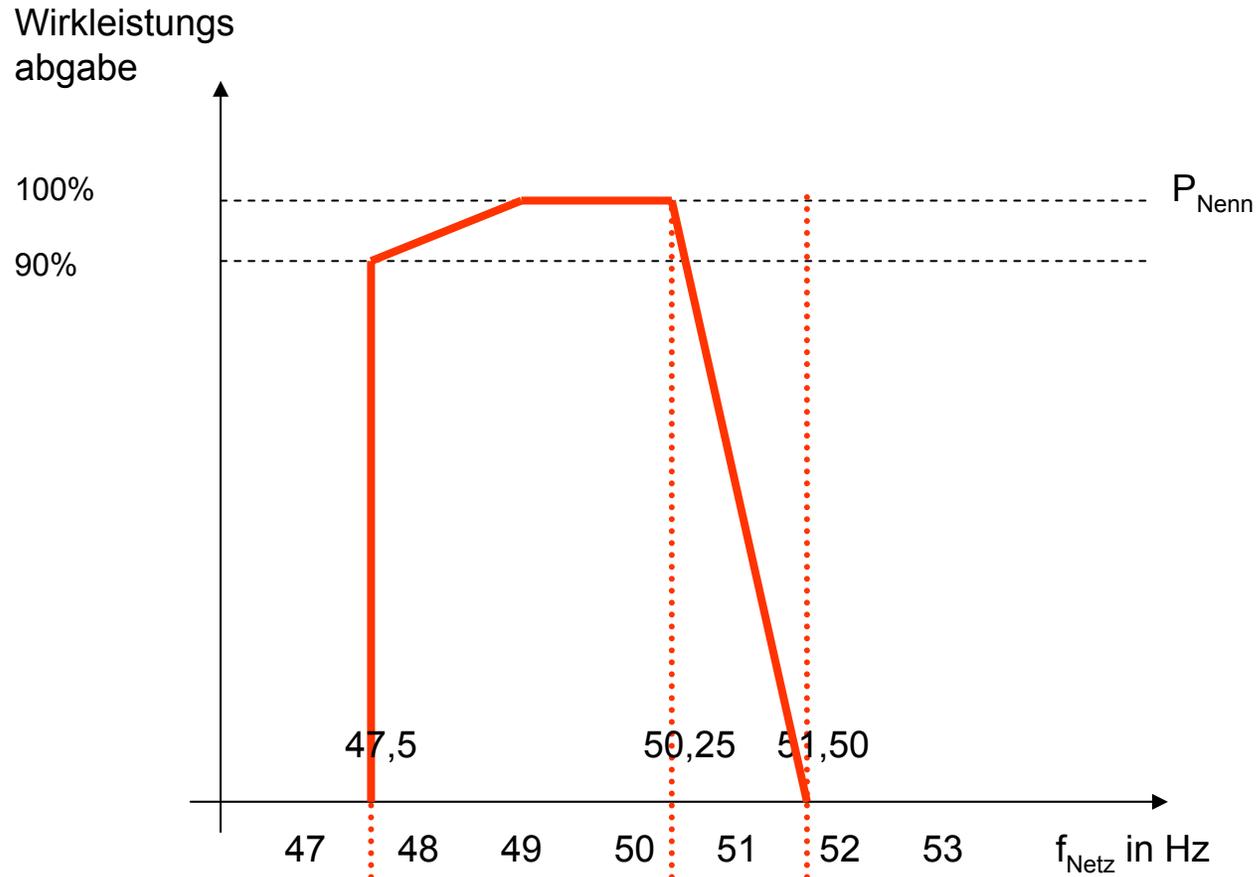


# Leistungsbegrenzung



- Das WFM soll eine Regelung zur Leistungsbegrenzung enthalten. Mit Hilfe dieser Leistungsbegrenzung soll z.B. eine Überlastung des Einspeisepunktes verhindert werden. Das WFM ist damit in der Lage, mit Hilfe der bereitgestellten Anlagen-Daten, einzelne Anlagen zu-/abzuschalten bzw. die Leistung aller Anlagen zu reduzieren. Diese Zu- bzw. Abschaltung wird über eine Hysterese mit Zeitsteuerung realisiert. Die Vorgaben der Soll-Leistung kommen aus 2 Quellen:
  - ▶ das zentrale B&B-System des Windparks
  - ▶ als zentrale Vorgabe vom Netzbetreiber.
- Wie nachfolgende dargestellt wird, sind hier restriktive Vorgaben zu erfüllen. Es gibt in der Praxis der Netzbetreiber, die Absenkungsraten bei Fehlfrequenzen z. B. von 10%/0,1 Hz bzw. auch konstante Rampen von bis zu 20% / sec vorschreiben

# frequenzbedingte Leistungsbegrenzung

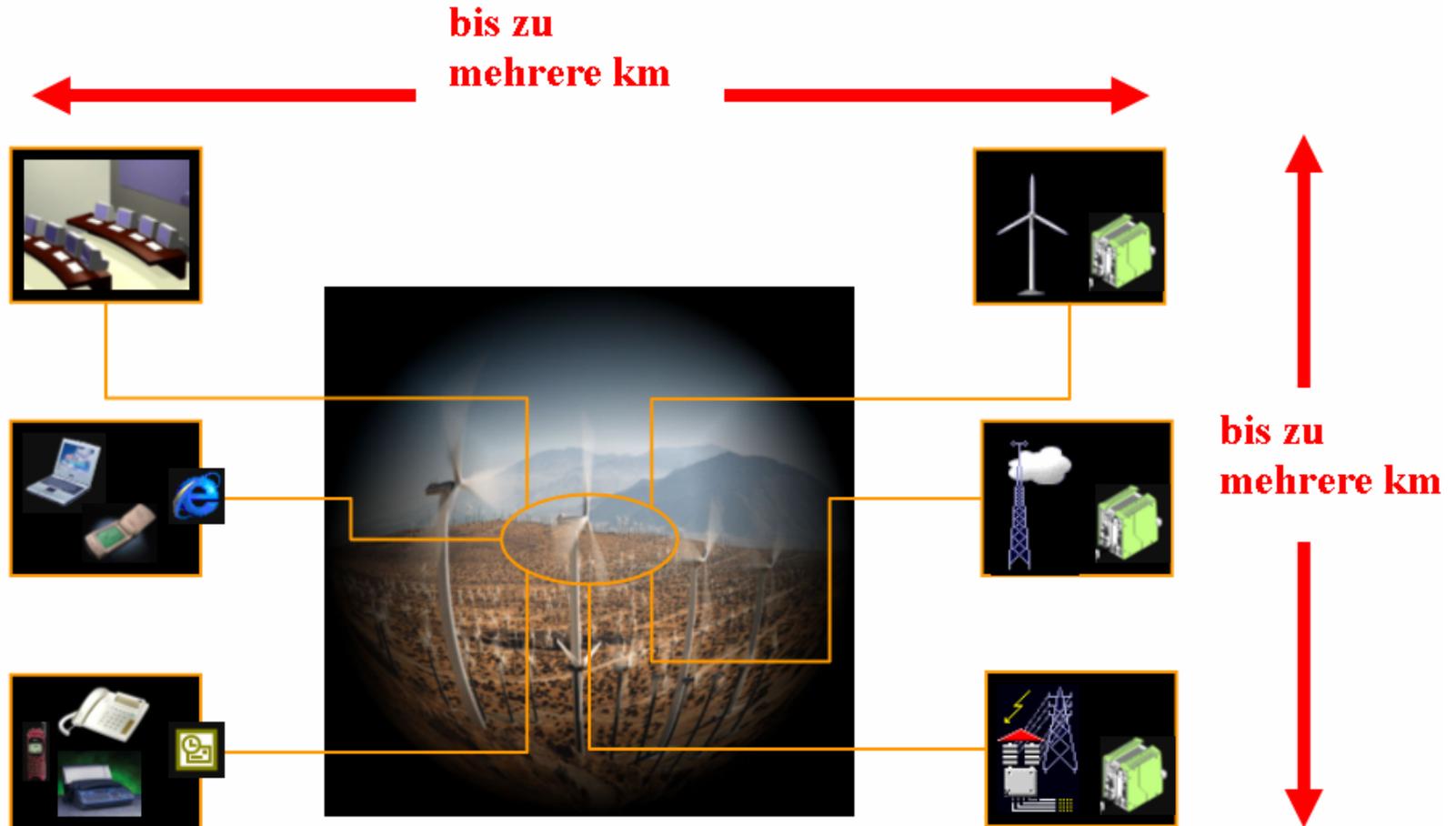




# Anlagenstopp und Blindleistungsbereitstellung

- Der Anlagenstopp ist eng verkoppelt mit den Funktionen „Leistungsbegrenzung“ und „Load on/off Demand“. Insbesondere bei
  - ▶ Heruntergefahren sind und wieder angefahren von Windparks
  - ▶ Wenn bei Starkwind Windparks in den Vorgabetoleranzen gefahren werden müssen.
- Nach heutigen und zukünftigen Richtlinien ist es notwendig Blindleistungskompensation bzw. Blindleistungssteuerung zu betreiben. Hierbei kann der Netzbetreiber über mitverlegte Leitungen bis zum Aufschaltplatz des Windparks einen 4-20mA Sollwert vorgeben. Der Blindleistungswert ist am Netzanschlusspunkt zu messen.

# Steuerung, Regelung, Betriebsführung einer WEA im Windparkverbund – der realisierte Stand und die Definition der Aufgabenstellung

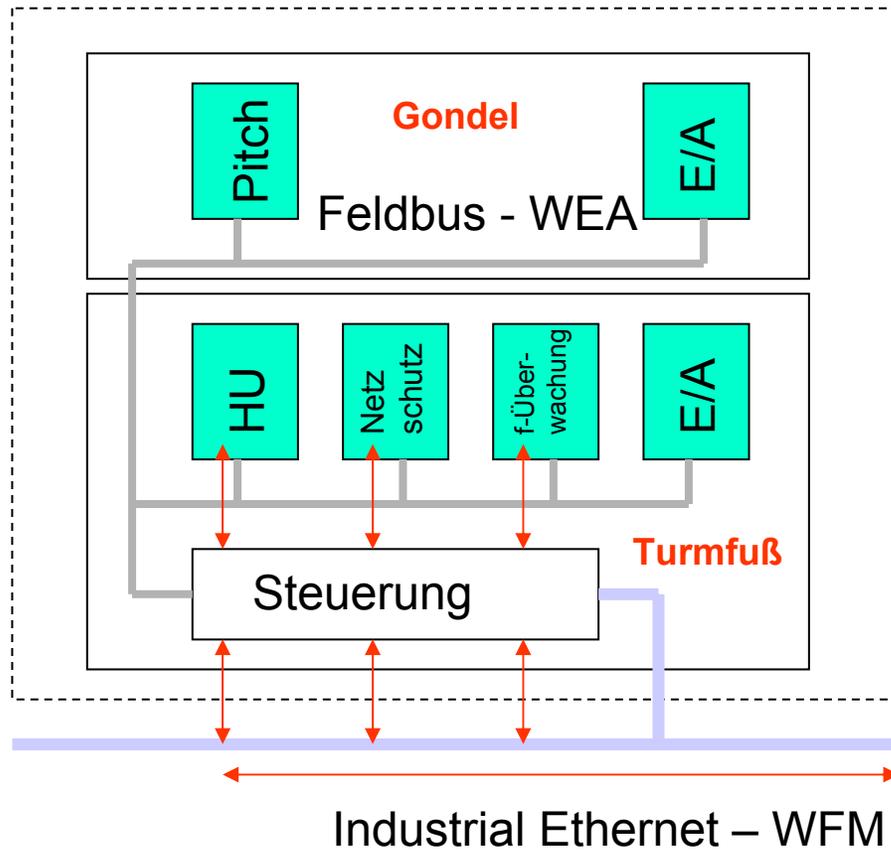




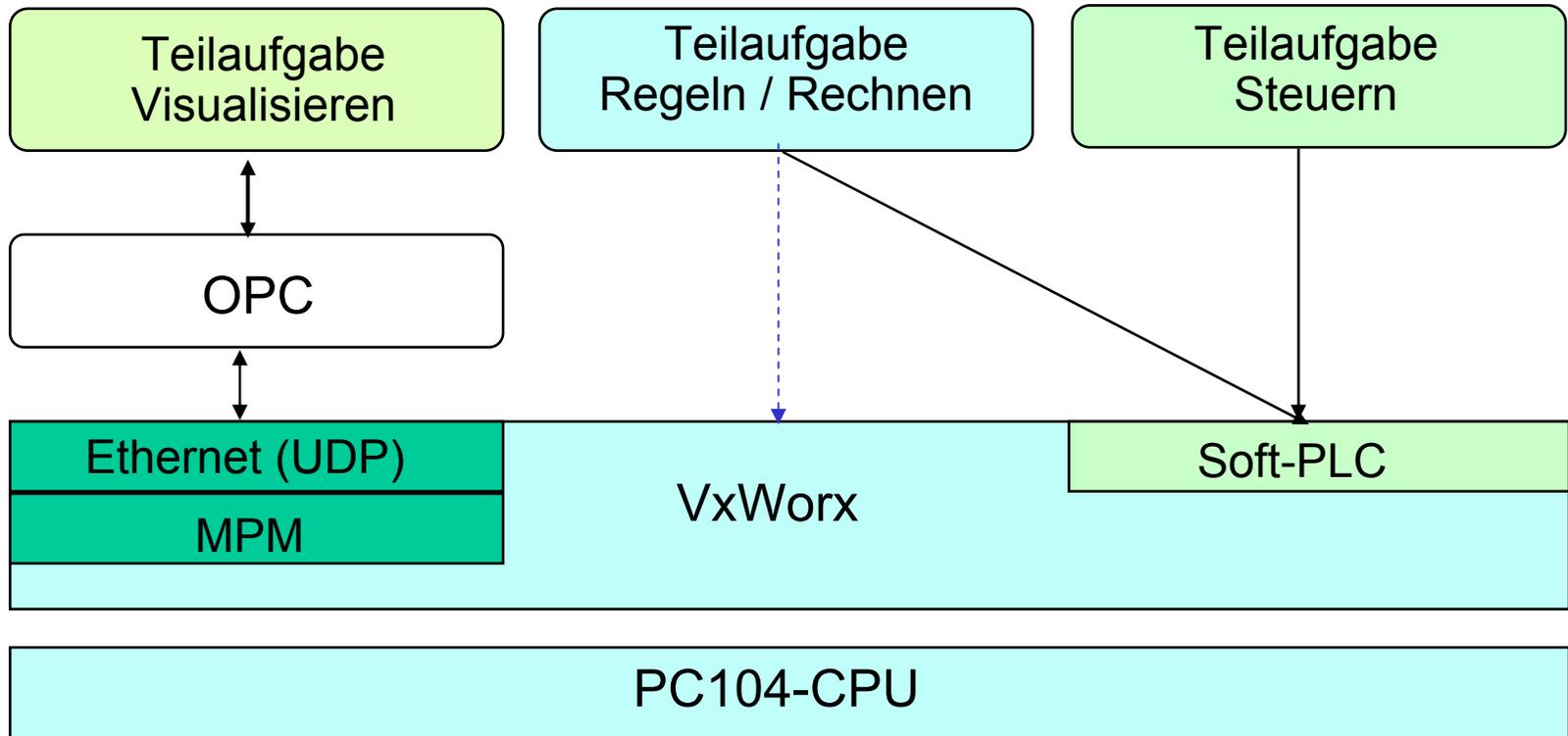
## Die Definition der Aufgabenstellung

- Die Aufgaben der Leistungs- und Blindleistungsregelung können vom WFM problemlos übernommen werden. Das WFM kommuniziert in einem Windpark mit den WEA über ein Kommunikationsnetz (Ethernet). Auch dem Medium Ethernet sind Grenzen gesetzt.
- Insbesondere die Anforderungen der EVU:
  - Spannungssteigerungsschutz auf 110%  $\leq 100\text{ms}$
  - Spannungsrückgangsschutz auf 80% in max 3 – 5 sec
  - Frequenzanstiegsschutz über 51.5 Hz  $\leq 200\text{ms}$
  - Frequenzrückgangsschutz unter 47,5 Hz  $\leq 200\text{ms}$
- machen besondere Konstrukte am WFM, aber auch in den WEA notwendig.
  - ▶ Ethernet in der Standardausprägung ist nicht deterministisch.
  - ▶ Die zu garantierenden maximalen Verzugszeiten können nicht garantiert werden.
  - ▶ Weiterhin befinden sich die aktiven Elemente einer WEA, die auf Anforderungen des WFM reagieren müssen, in der WEA gekapselt durch das WEA-interne Bussystem.
  - ▶ **Alleine durch die verwendeten Prozessbusse können mehrere 10ms Verzögerungszeiten entstehen. Beim Interbus sind unter worst-case-Bedingungen Hin- und Rücklaufzeiten von bis zu 120 ms ermittelt worden.**
  - ▶ Diese Zeiten sind aus der Sicht eines EVU nicht akzeptabel.

# Eine WEA aus der Sicht des Windparkmanagements in WFM-relevanten Komponenten dargestellt



# Konzept der Prozessdatenkommunikation in der WEA-Steuerung



# Die Steuerung und die Anpassung an die realen Gegebenheiten ein einem WFM-gesteuerten Windkraftwerk



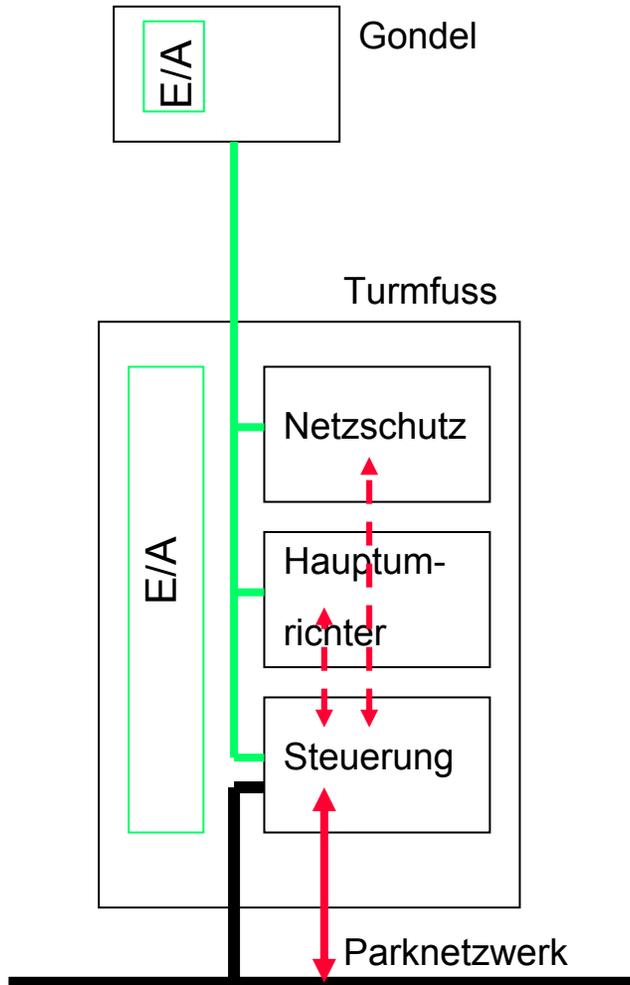
- Bei der Umsetzung des WEA-/WFM-Konzeption greifen die realen Grenzen der Technik, die sich aus der Konzeption eines zentral überwachten Systems, aufgebaut aus Einzelkomponenten, ergeben. Dies sind folgende Punkte:
  - ▶ Frequenzüberwachung und Netzschutz
  - ▶ Abschaltung des Hauptumrichters / Generators und des Hauptschalters
- Diese Aufgaben sind nach diversen praktischen Untersuchungen aus Gründen der Nichtdeterministik der Parkkommunikation (TCP/IP) in die WEA integriert worden.
- Damit ergibt sich eine realisierte Struktur wie nachfolgend dargestellt. Diese Struktur stellt gegenwärtig einen Kompromiss dar.

# Aufgabenverteilung in der WEA (WFM-Aufgabenanteil)



- Um die harten Anforderungen erfüllen zu können, sind Aufgaben des WFM in die WEA verlagert worden. Die betrifft folgende Aufgaben:
  - ▶ Spannungssteigerungsschutz
  - ▶ Spannungsrückgangsschutz
  - ▶ Frequenzanstiegsschutz
  - ▶ Frequenzrückgangsschutz
- Dies bedeutet:
  - ▶ Erhöhte Hardwareaufwendungen in den WEA (bei n Anlagen im Park, n-1 mal zusätzlich !!!)
  - ▶ Erhöhte Softwareaufwendungen in den einzelnen WEA

# Aufgabenverteilung in der WEA (WFM-Aufgabenanteil)



# Die Steuerung und die Anpassung an die realen Gegebenheiten in einem WFM-gesteuerten Windkraftwerk



- Zusätzlich bewirkt dieses umgesetzte Konzept:
- erhöhte Kostenaufwendungen für die in jede WEA einzubauenden Schutzkomponenten
  - ▶ Hauptumrichter müssen beim Hersteller als Spezialbaugruppen bestellt und konfiguriert werden
  - ▶ Freizüge Tauschbarkeit und Second-Source-Lieferanten sind nicht ohne Zusatzaufwendungen (Hardware, Software, Testaufwand) umsetzbar
- nach wie vor fehlende direkte Zugriffsmöglichkeiten des WFM direkt auf WEA-Komponenten
- Das Ziel für Weiterentwicklungen in der direkten Beeinflussung von Komponenten der WEA aus dem WFM. Daher ist der Übergang auf eine neue Technologie, gleichsam für WEA und WFM, notwendig und Ziel der weiterführenden Untersuchungen und Entwicklungen.

# Steuerung, Regelung, Betriebsführung einer WEA im Windparkverbund – eine zukunftsorientierter Lösungsansatz



- Aktuelle Entwicklungen, die die Forderung der Anwender nach durchgängigen Netzen von der Prozess- bis zur Leitebene aufgreifen, lassen eine grundlegende Umstrukturierung der WFM-Landschaft, aber auch der WEA greifbar nahe erscheinen. **PROFInet** ist der offene und herstellerübergreifende Industrial Ethernet Standard für alle Ebenen und Anwendungen in der Automatisierung. Mit **PROFInet** können einfache dezentrale Feldgeräte sowie zeitkritische Anwendungen genauso in die Ethernet Kommunikation eingebunden werden, wie verteilte Automatisierungssysteme auf der Basis von Komponenten.
- Durch die Umsetzung des **PROFInet**-Komponentenmodell stellt **PROFInet** auch eine Lösung dar für die anstehenden Aufgaben der Weiterentwicklung der WEA und des WFM.

# Die unterschiedlichen Leistungsstufen von PROFinet



Die **zeitunkritische** Übertragung von Parametern, Konfigurationsdaten und Verschaltungsinformationen

1. Über den Standardkanal auf Basis von TCP/UDP und IP
2. Damit Schaffung der Voraussetzungen für die Anbindung der Automatisierungsebene zu anderen Netzen (MES, ERP)

Die Übertragung von **zeitkritischen** Prozessdaten innerhalb der Produktionsanlage

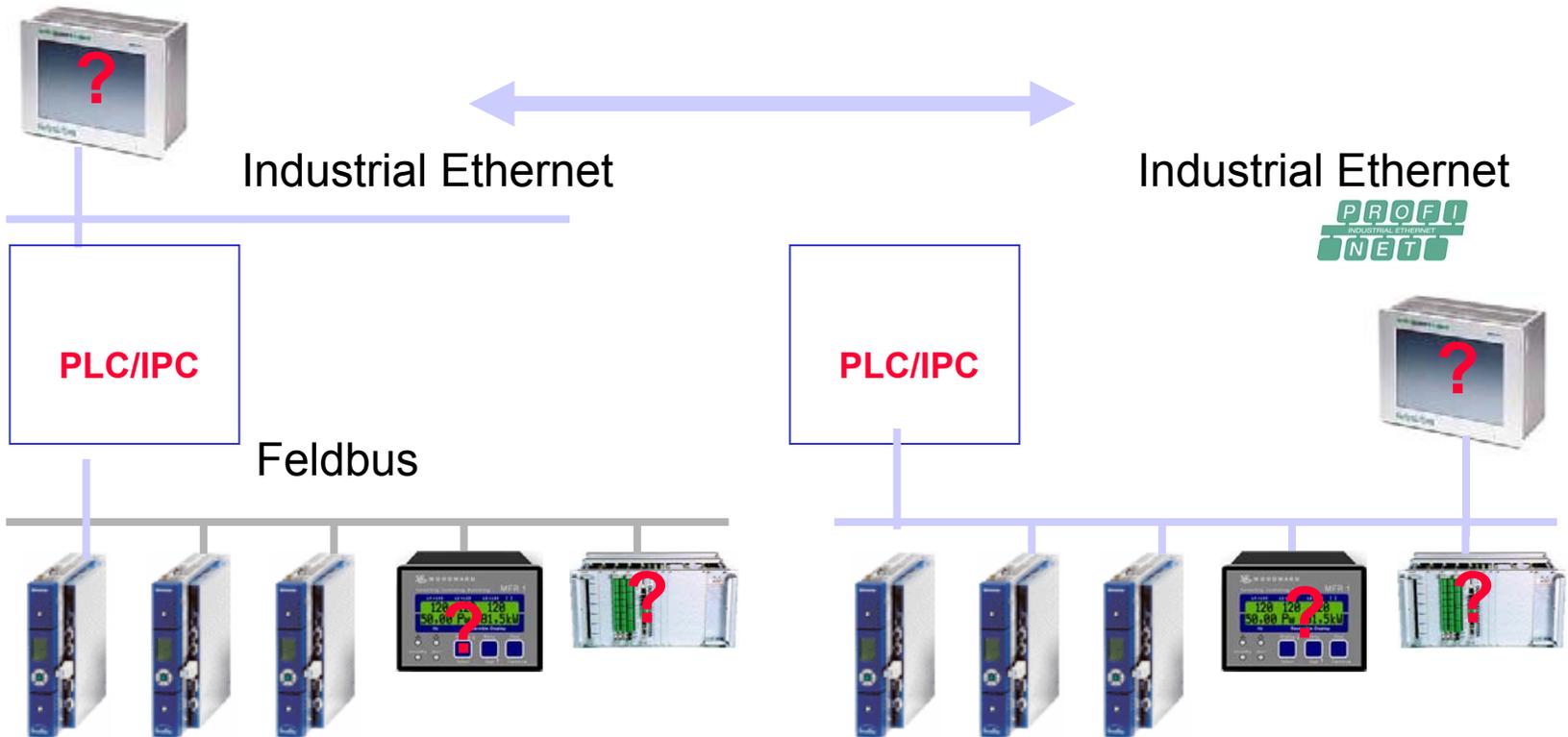
1. Für diese Übertragung steht der Echtzeitkanal Soft Real Time (SRT) zur Verfügung.
2. Er wird als Software auf Basis neu in die WFM-Landschaft zu integrierender Controller realisiert.

# Die Vorteile einer durchgehenden Vernetzung auf der Basis von PROFINet - Migrationsstrategien



- Die hohe Zahl der bestehenden Feldbus-Systeme erfordert aus Gründen des Investitionsschutzes eine einfache Einbindung dieser Systeme in PROFINet (Migration). Dabei werden folgende Fälle unterschieden:
  - ▶ Der Anlagenbetreiber (in diesem Falle der Windparkbetreiber) möchte seine vorhandenen Installationen leicht in ein neu zu installierendes PROFINet-System integrieren können.
  - ▶ Der WEA-Hersteller möchte sein bewährtes und dokumentiertes Gerätespektrum unverändert auch für PROFINet-Automatisierungsprojekte nutzen können.
- Bei PROFINet stehen zwei Varianten für die Anbindung von Feldbussystemen zur Verfügung:
  - ▶ die Einbindung von Feldbus-Geräten über Proxies und
  - ▶ die Einbindung von Feldbusapplikationen.
- Der Proxy ist am Ethernet der Stellvertreter für ein oder mehrere Feldbusgeräte. Er leitet z.B. die zyklischen Daten an die Feldbusgeräte transparent weiter.

# Der Lösungsansatz eines WFM auf der Basis von PROFINET (1)

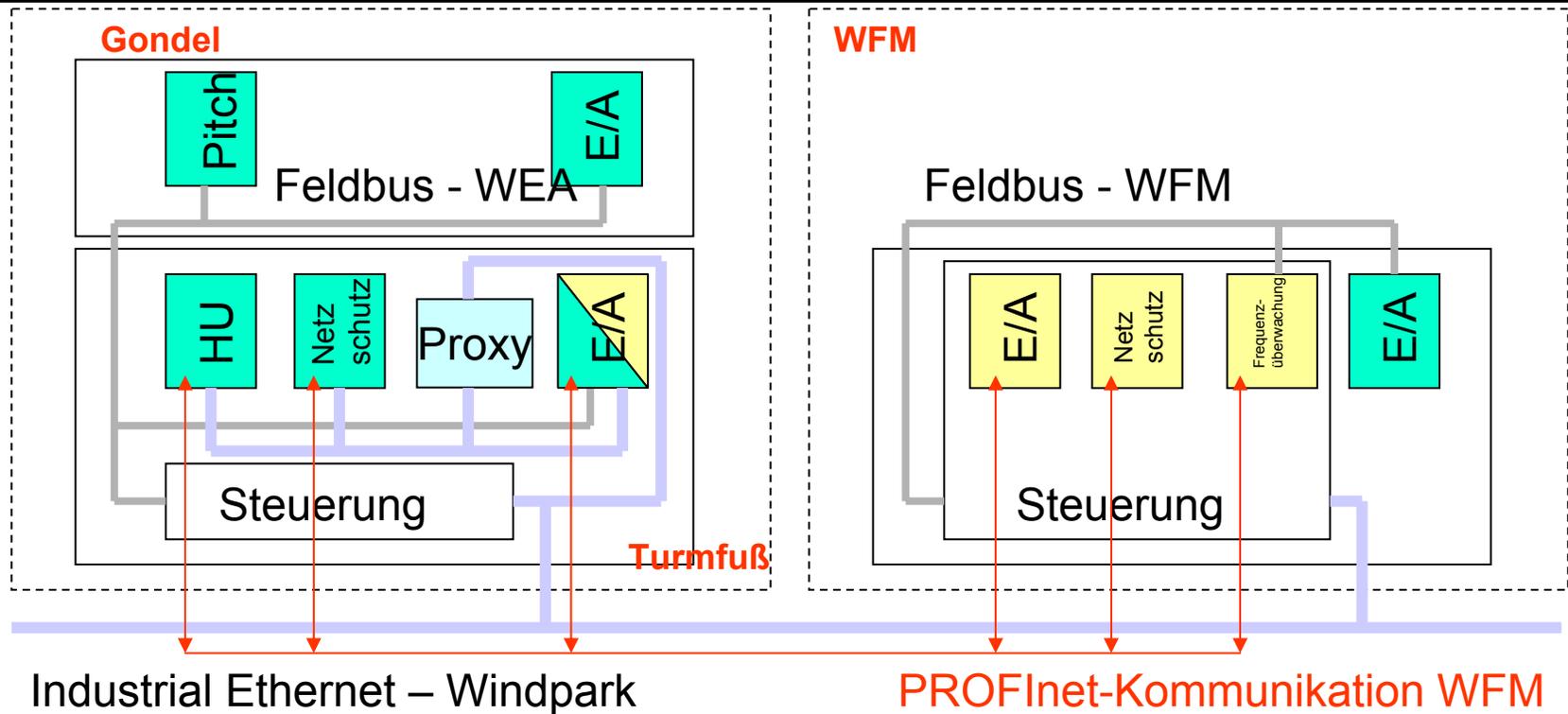


# Der Lösungsansatz eines WFM auf der Basis von PROFINet (2)

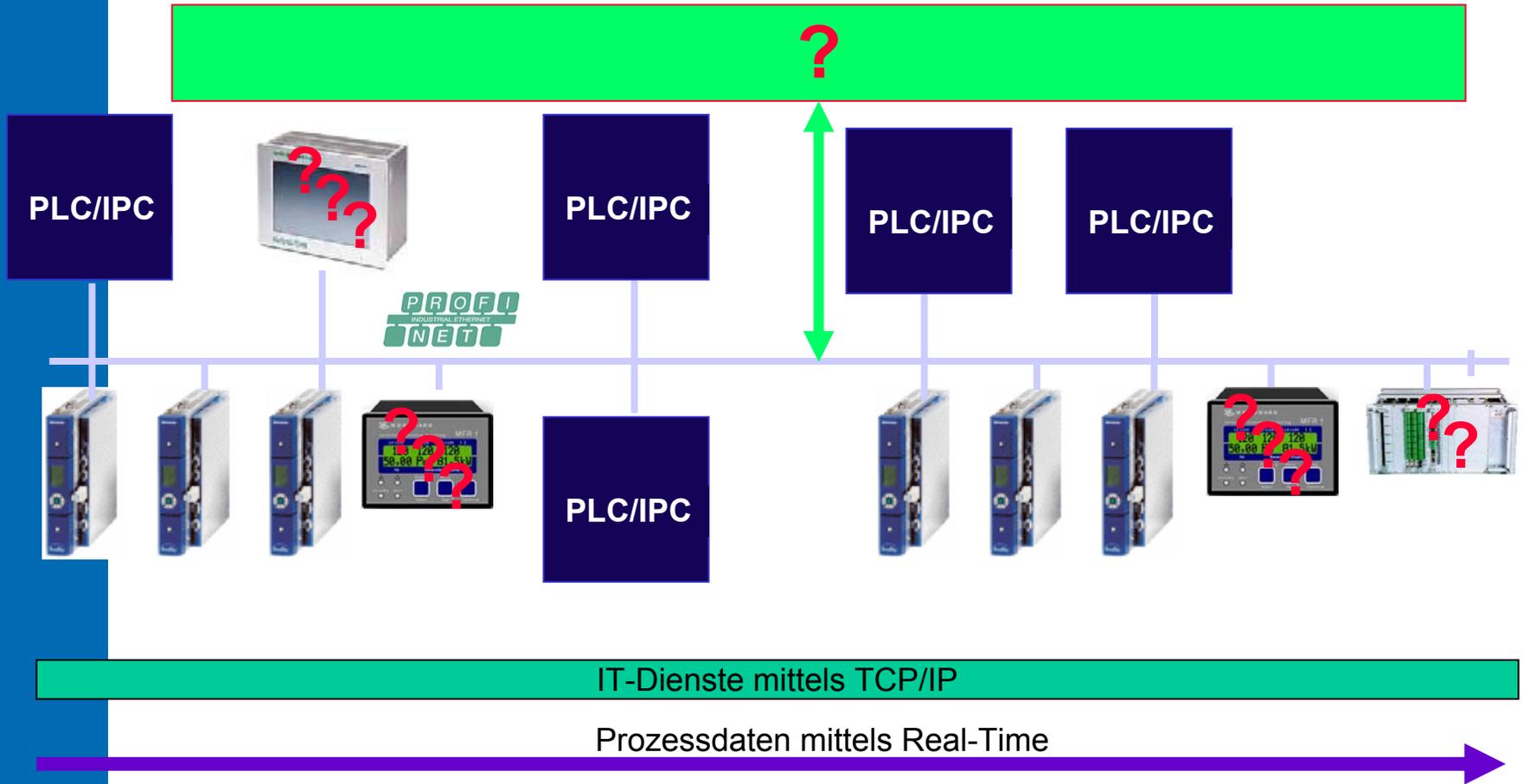


- Die WEA aus den zwei Hauptmodulen in der Gondel und im Turmfuß. Diese zwei Module nehmen alle notwendigen Schritte der Gesamtapplikation auf. Dieses Beispiel zeigt zum einen die unabhängige Koexistenz von einem Feldbus und PROFINet in dem WFM-/WEA-System. Zum anderen wird hier die einfache Integration von bereits vorhandenen WEA deutlich.
- In diesem Beispiel wird angenommen, dass das Feldbus-System (Pitch, E/A) weiterhin genutzt werden soll, die Einheiten Hauptumrichter und Netzschutz sollen dagegen auf Basis von PROFINet erneuert bzw. erweitert werden.
- Die Unabhängigkeit der Kommunikationsvorgänge sowie die Proxy-Technologie ermöglichen es, dass das bereits vorhandene Feldbus-System unverändert genutzt werden kann. Lediglich die Kommunikationsbeziehungen zwischen den Komponenten müssen beim Engineering der neuen WEA-/WFM-Komponenten verschaltet werden. Es ist lediglich die Steuerung, die für das Feldbus-System verantwortlich ist, um ein Ethernet-Modul (Hardware und Software) und um die Proxy-Funktionalität (Software) zu erweitern
- Die Proxy-Funktion sorgt dafür, dass die PROFINet-spezifische Sichtweise als technologisches Modul in der Steuerung gekapselt bleibt. Nach unten zum Feldbus laufen alle Vorgänge wie bisher ab.

# Die Beziehungen von WEA und WFM bei Nutzung von PROFINet – ein erster Ansatz



# Die Beziehungen von WEA und WFM bei Nutzung von PROFINET – ein erster Ansatz



# Zusammenfassung



- PROFInet als ein zukunftsorientiertes Vernetzungskonzept bietet die Chance der Gestaltung neuartiger WFM- und WEA-Konzepte.
- Weiterhin wird durch dieses Konzept der Übergang von der anlagenbezogenen Sichtweise hin zu einer windparkbezogenen Komponenten- bzw. Applikationssichtweise möglich.
- Hierbei wird erstmalig das Thema Kommunikation und Datenaustausch für die Steuerung auf ein Niveau gehoben, das bisher nur mit großen Aufwendungen im Bereich der Hardware und Software erkaufte wurde.
- Derartige Ansätze sind konsequent, weil sie den Weg der hardwareunabhängigen Betrachtungsweise vorantreiben. **Erste** Produkte aus der Automatisierungsindustrie zu PROFInet liegen vor.
- Diese Entwicklung muss weiter gehen .....
- Nun muss Alles daran gesetzt werden, dass diese innovativen Ideen innerhalb der kürzesten Zeit auch in der Windenergiebranche Einzug halten können.