Fachhochschule Salzburg University of Applied Sciences

AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TOMORROW TODAY

Standard-basierte Automatisierungsansätze für die Einbindung dezentraler Erzeuger in Smart Grids

Thomas Strasser
AIT Energy Department – Electric Energy Systems

Montag, 12. Mai 2014

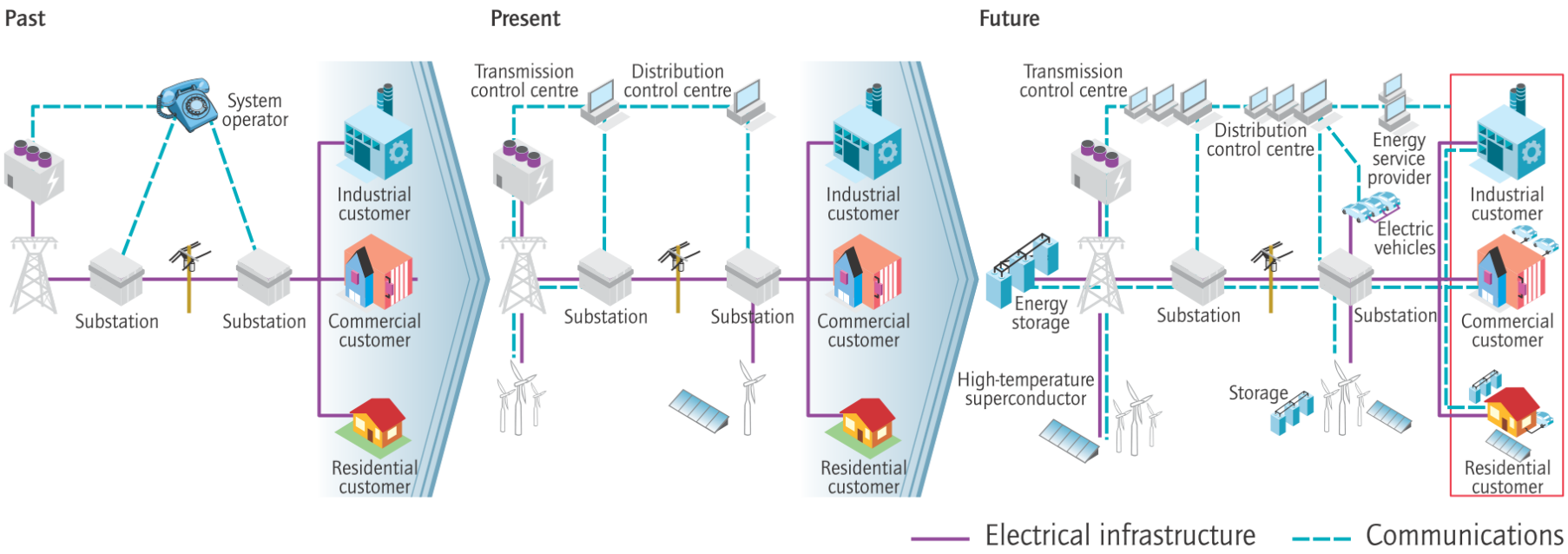
Smart Grid Day Salzburg, Fachhochschule Salzburg

Überblick

- Einleitung und Motivation
- Standardisierungsaktivitäten im Smart Grids Umfeld
- Power Utility Automation mittels IEC 61850
- Das Referenzmodell der IEC 61499
- Funktionen moderner PV-Wechselrichter und Smart Grids Integration
- Standard-basierte Anbindung Dezentraler Erzeuger
- Schlussfolgerungen

Einleitung und Motivation

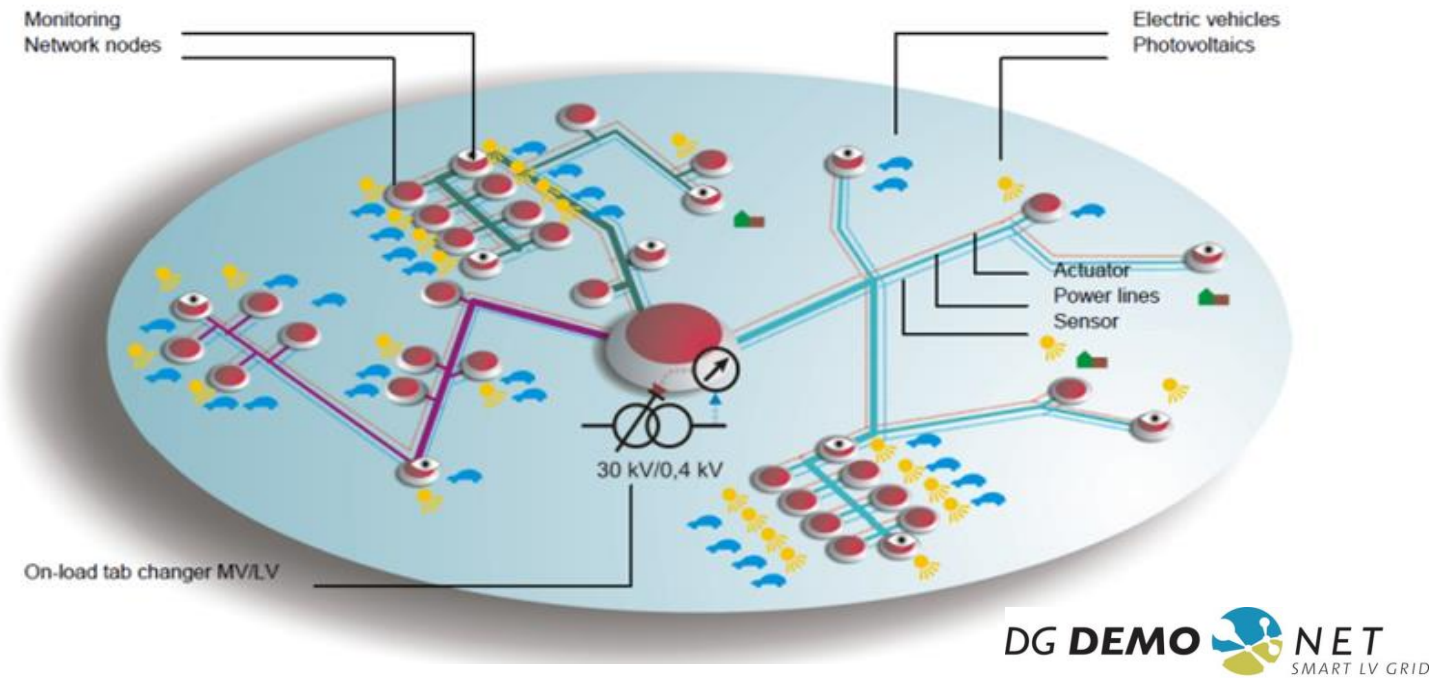
- Modernisierung der elektrischen Energieinfrastruktur
  - Smart Grids: Power System + ICT



Quelle: IEA

Einleitung und Motivation

- Beispiel: Modelregion Salzburg – aktiver Netzbetrieb im Niederspannungsnetz

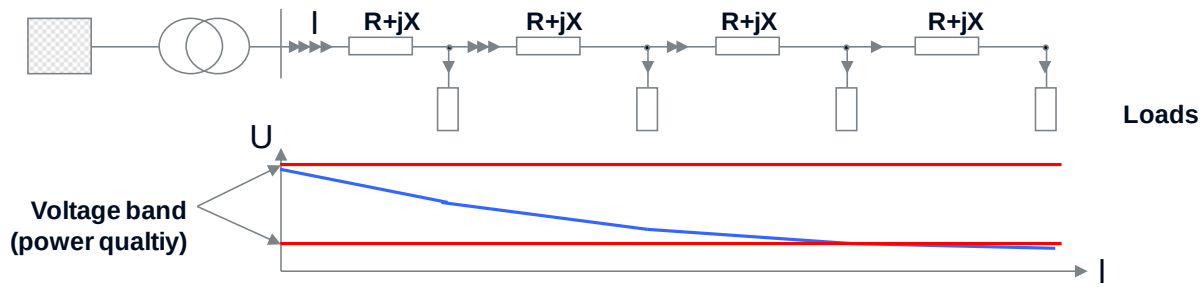


- Intelligente PV-Wechselrichterregelung
- Intelligente Netzplanung basierend auf Monitoring (Smart Metering)
- Intelligente Spannungsregelung von Trafostationen (MV/LV)
- Intelligentes Lastmangement (Electric Vehicles)

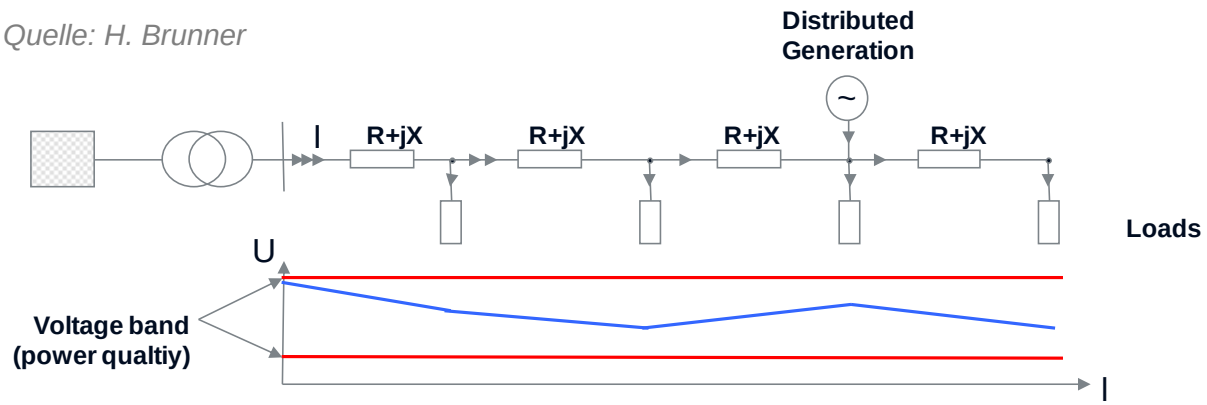
Quelle: DG Demo Net Smart LV Grid Konsortium

Einleitung und Motivation

- Problem: Spannungshaltung in ländlichen Mittel- (MV) und Niederspannungs-Verteilnetzen (LV) durch dezentrale Erzeugung
  - Spannungsverlauf entlang eines Leitungsabzweiges und Auswirkungen der dezentralen Einspeisung

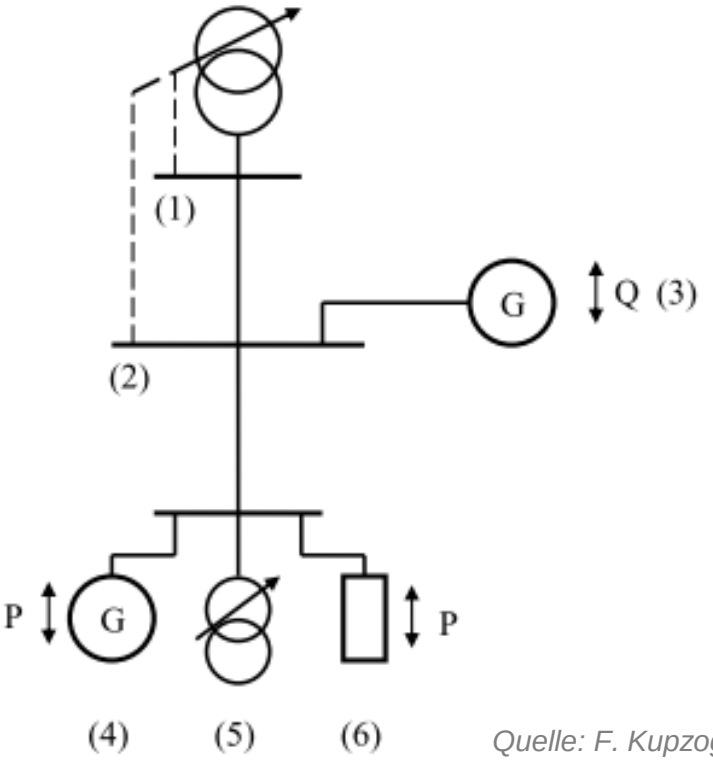


Quelle: H. Brunner



Einleitung und Motivation

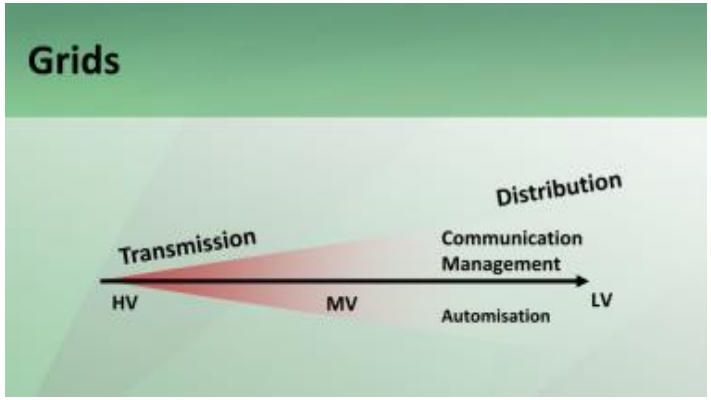
- Problem: Spannungshaltung in ländlichen Mittel- (MV) und Niederspannungs-Verteilnetzen (LV) durch dezentrale Erzeugung
  - Was kann beeinflusst werden?
    - Regelbarer Stufentrafo (On-load Tap Changer – OLTC) (1,2)
    - Generatoren (3,4)
    - Regelbarer Ortsnetztrafos (Niederspannung) (5)
    - Demand Side Management (DSM) (6)

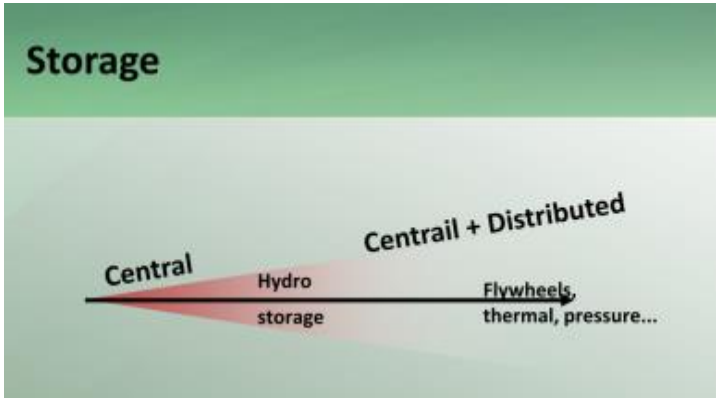


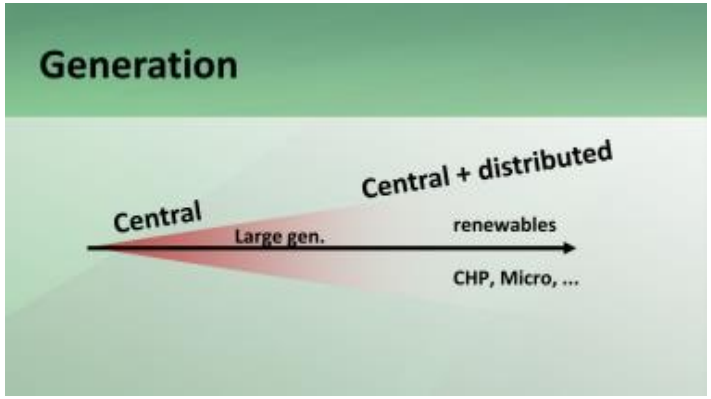
Quelle: F. Kupzog)

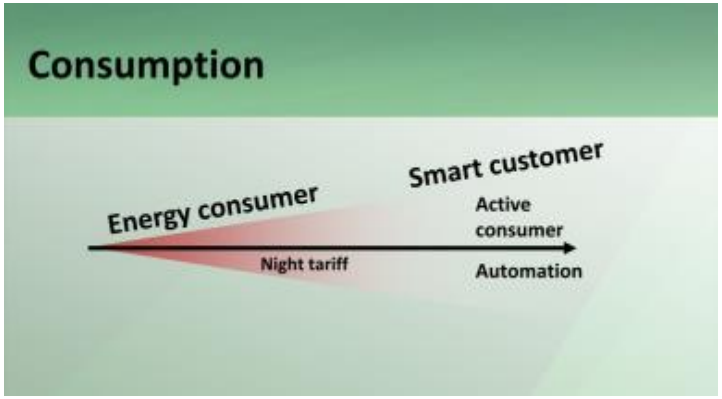
Einleitung und Motivation

- Trends und Forschungsfelder









Quelle: F. Kupzog

Standardisierungsaktivitäten im Smart Grids Umfeld

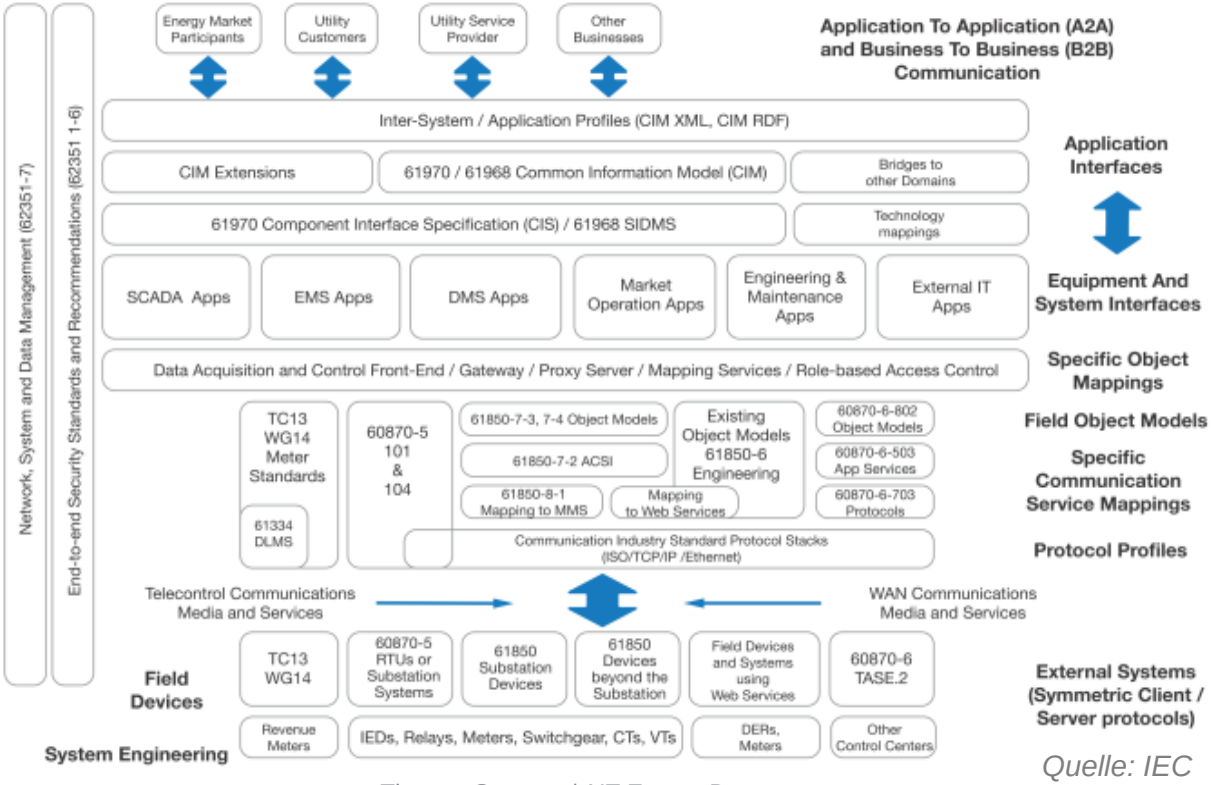
- Modernisierung der elektrischen Energieinfrastruktur
  - Standardisierung wichtiges Kernelement → IEC Smart Grids Roadmap

IEC TR 62357	• Reference Architecture – SOA • Energy Management Systems, Distribution Management Systems
IEC 61970/ IEC 61968	• CIM (Common Information Model) • EMS, DMS, DA, SA, DER, AMI, DR, E-Storage
IEC 61850	• Substation Automation, Power Utility Automation • EMS, DMS, DA, SA, DER, AMI
IEC 62351	• Security
IEC 62056	• Data exchange for meter reading, tariff and load control
IEC 61508	• Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems

  - Die deutsche DKE Smart Grid Standardisierungs-Roadmap verweist bei der Implementierung von (Steuerungs-)Algorithmen auf die IEC 61499

Standardisierungsaktivitäten im Smart Grids Umfeld

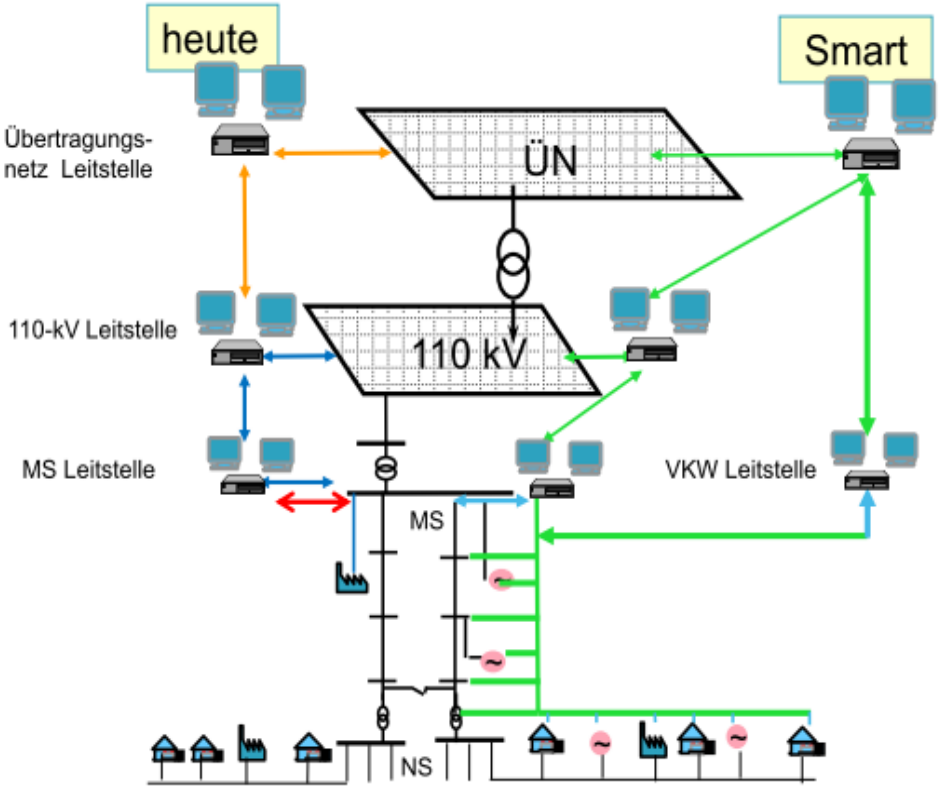
- IEC TR 62357 Seamless Integration Reference Architecture (SIA)
  - IKT Referenz-Architektur für Smart Grids des IEC/TC 57 (Power Systems Management and Associated Information Exchange)



Quelle: IEC

Power Utility Automation mittels IEC 61850

- Netzleitsystem (Energy / Distribution Management System)



Alle Teilnehmer sprechen die gleiche „Sprache“
„Interoperability“ für den Anschluss neuer Geräte
Basis – ist der zukunftsweisende Standard IEC 61850
Nutzung vorhandener Infrastruktur in der Verteilungsebene

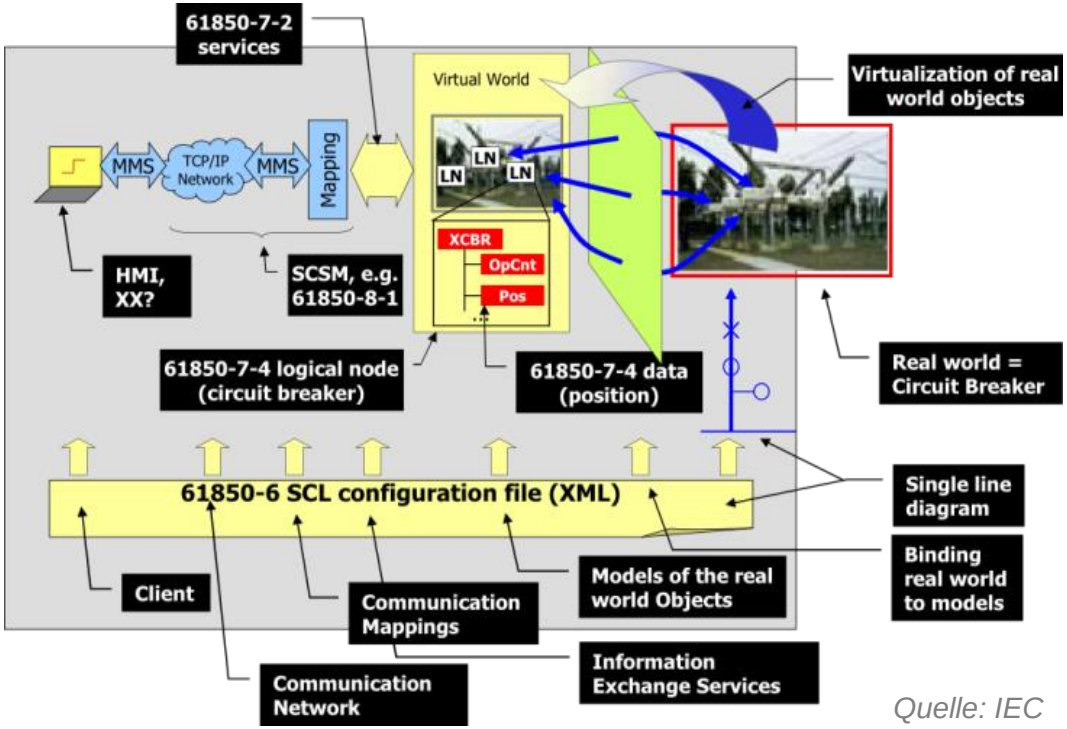
MS Mittelspannung
NS Niederspannung
ÜN Übertragungsnetz

Verschiedene Protokolle
Einheitliche Datenmodelle

Quelle: Buchholz

Power Utility Automation mittels IEC 61850

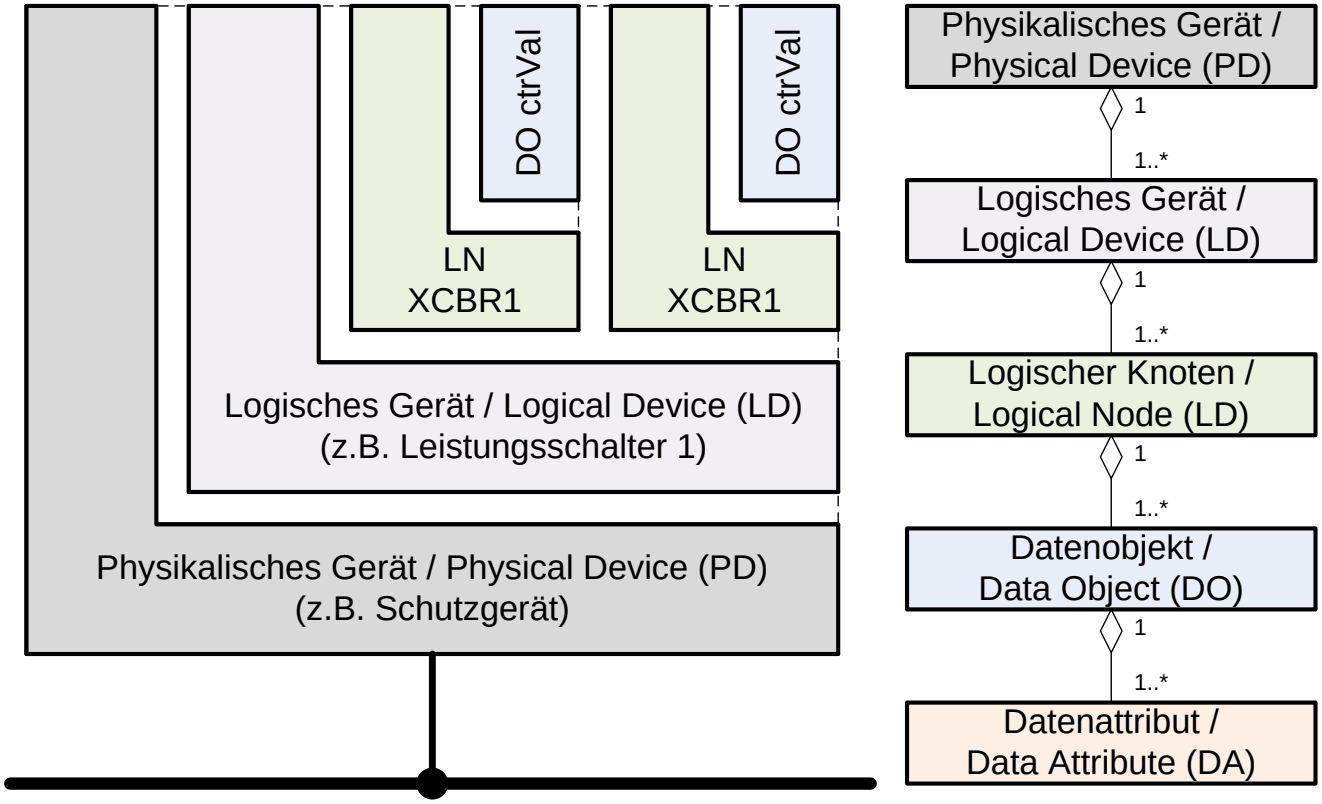
- Überblick über die IEC 61850
  - Interoperabilitäts- und Kommunikationsstandard für Power Utility Automation
  - Informationsmodel + Ansatz für Datenaustausch
  - Umfasst die Modellierung, Konfiguration & Kommunikation
  - Objektorientiert & XML-basiert
  - Logische Geräte und logische Knoten
  - Implementierung von Gerätefunktionalität nicht enthalten



Quelle: IEC

Power Utility Automation mittels IEC 61850

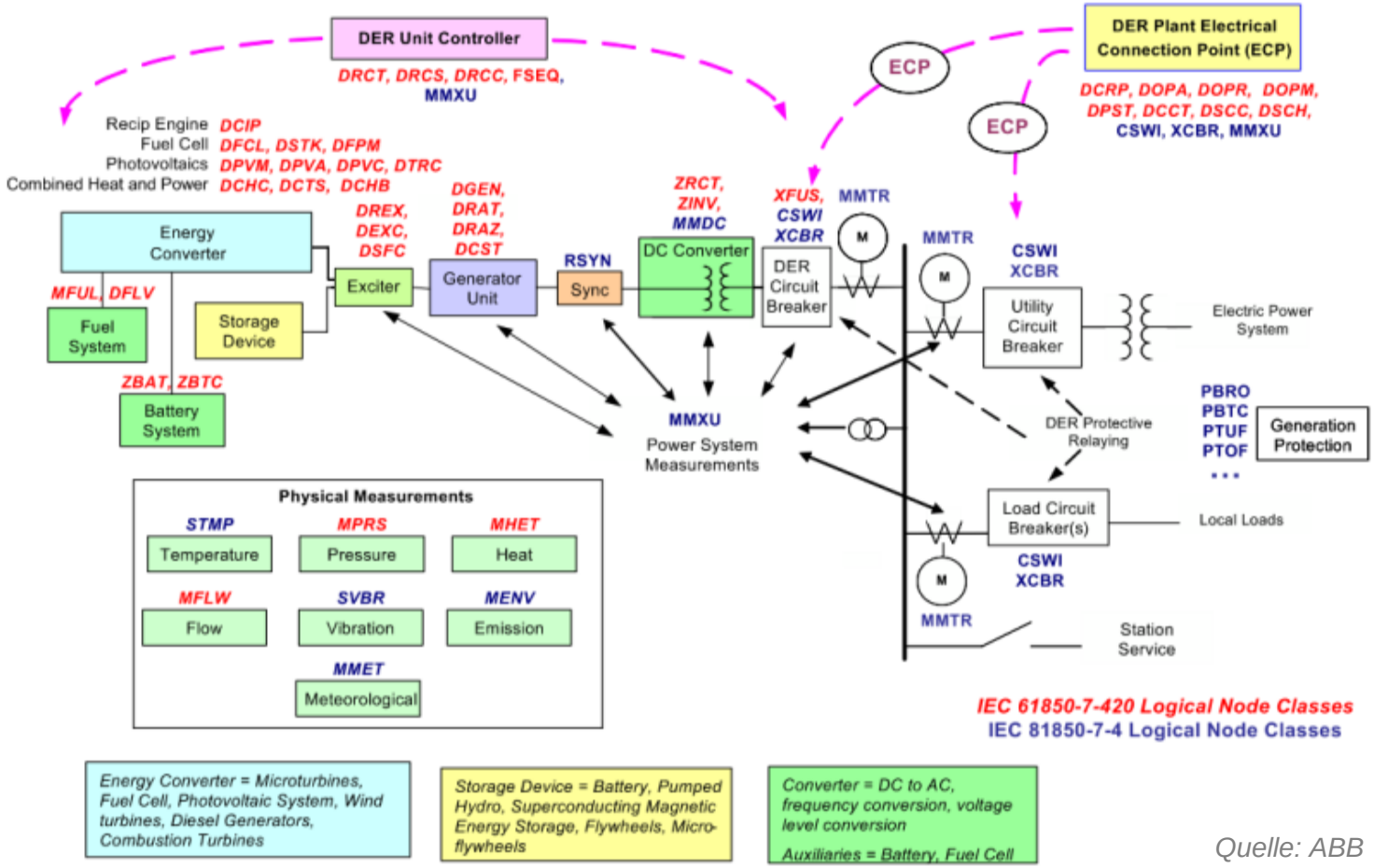
- Das Objektmodell der IEC 61850



Quelle: IEC

Power Utility Automation mittels IEC 61850

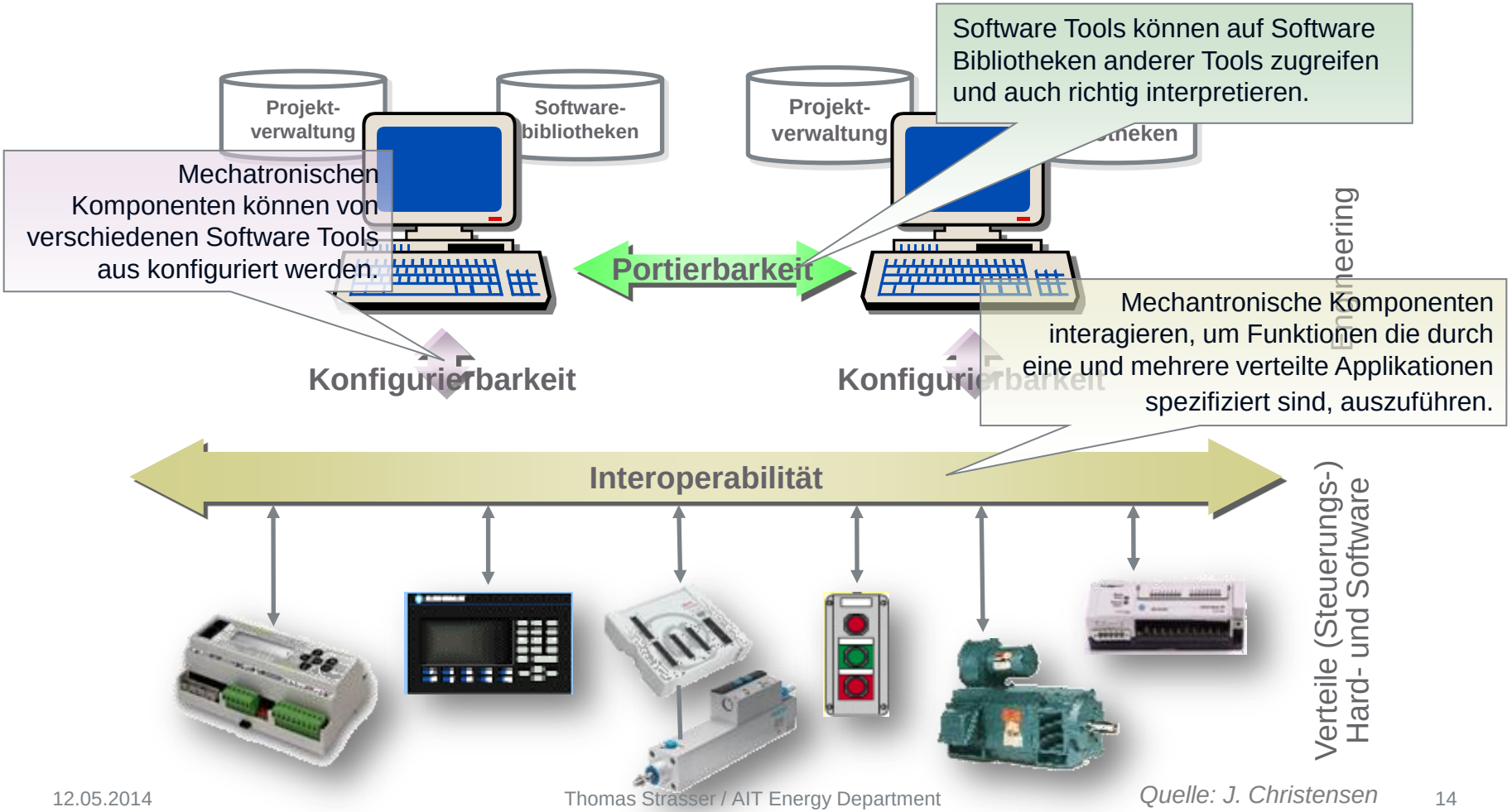
- IEC 61850-7-420: Erweiterung Richtung dezentrale Erzeugung (DER)



Quelle: ABB

Das Referenzmodell der IEC 61499

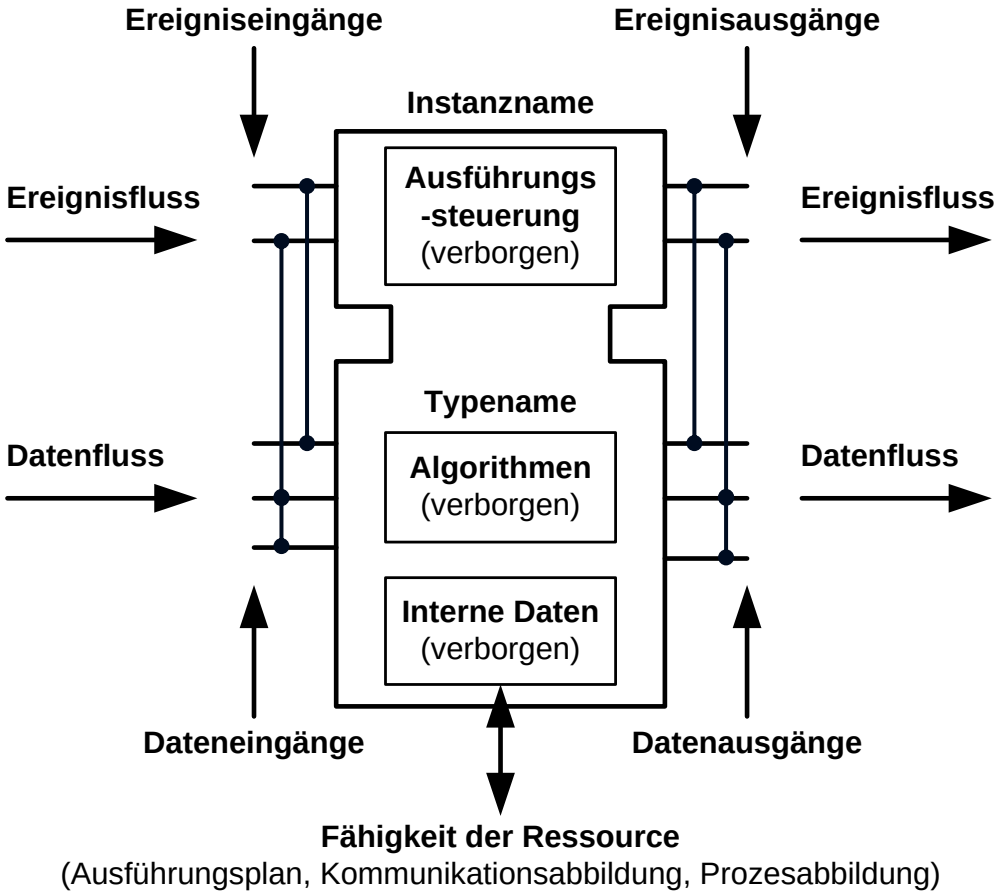
- Motivation: offene Steuerungsarchitektur für industrielle Automation



Quelle: J. Christensen

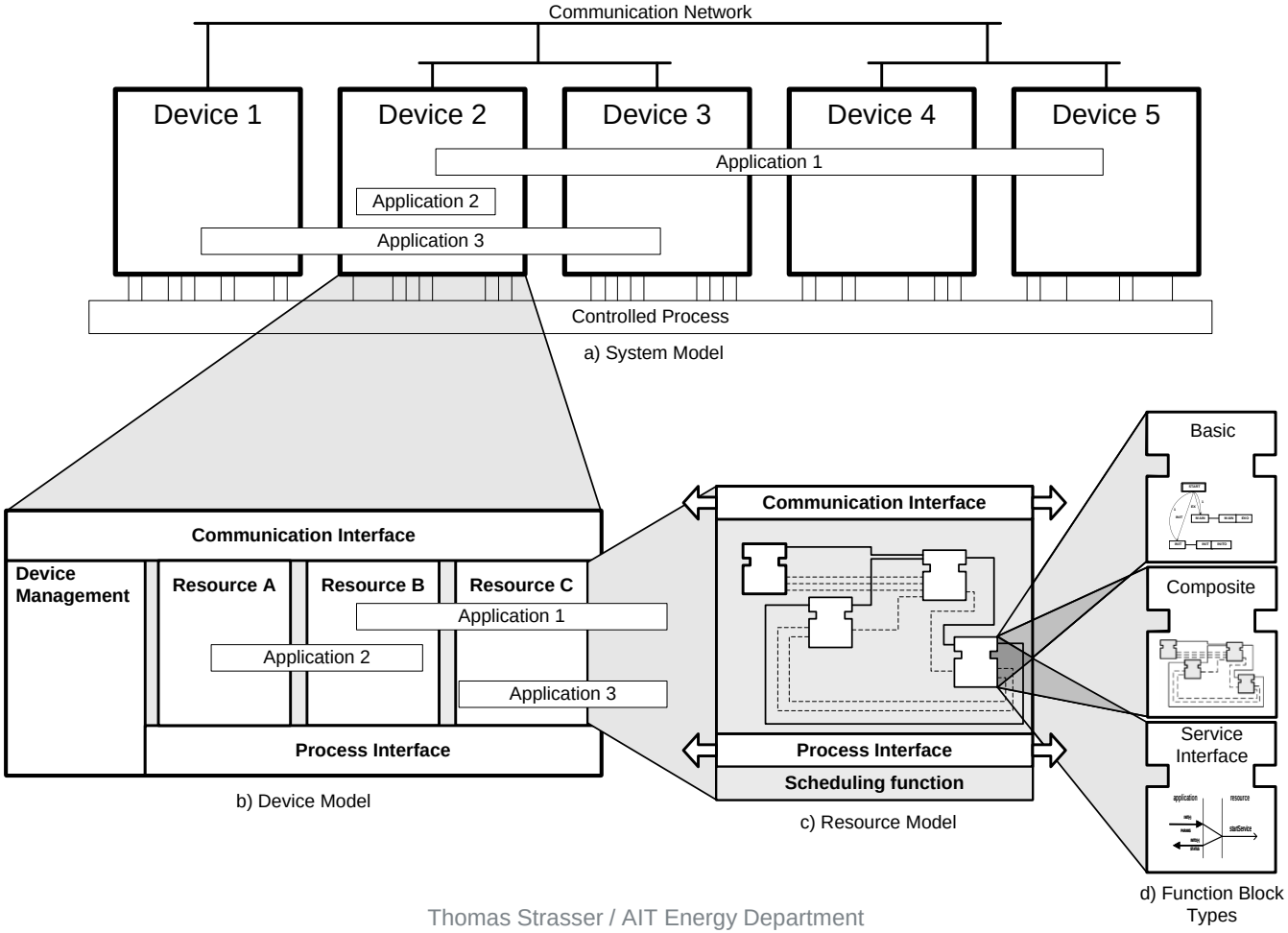
Das Referenzmodell der IEC 61499

- Funktionsbausteine
  - Erweitertes Interface: Verwendung der IEC 61131-3 (SPS Norm) Datentypen für Datenein- und -ausgänge
  - Reine Event-getriebene Abarbeitung
  - Fokus auf Kapselung und Wiederverwendung
  - Keine globalen Variablen



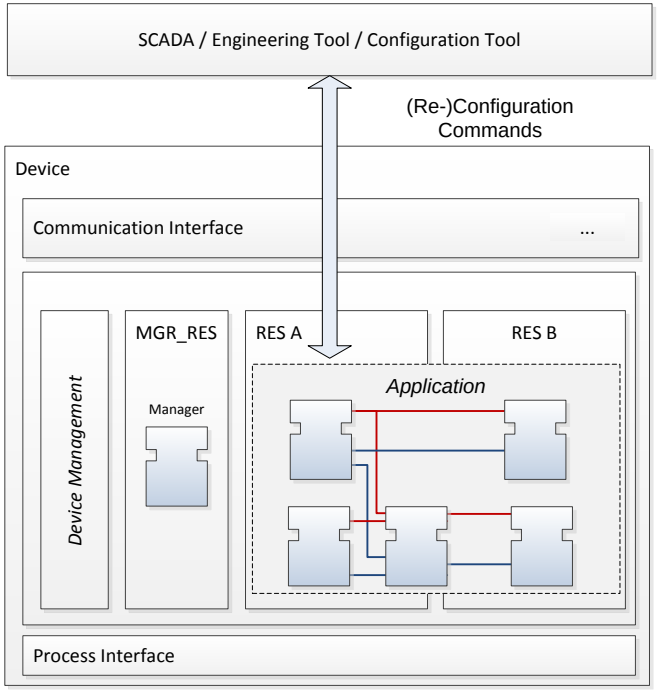
Das Referenzmodell der IEC 61499

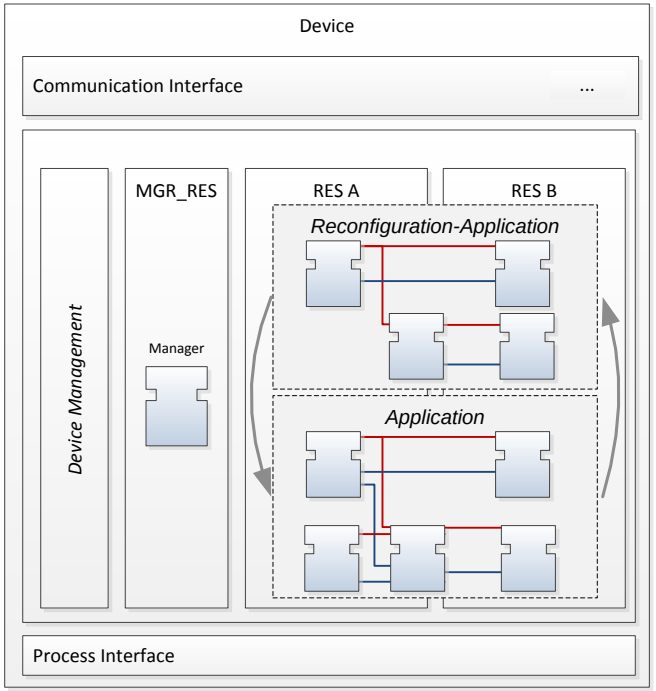
- Überblick über die einzelnen Modelle der IEC 61499



Das Referenzmodell der IEC 61499

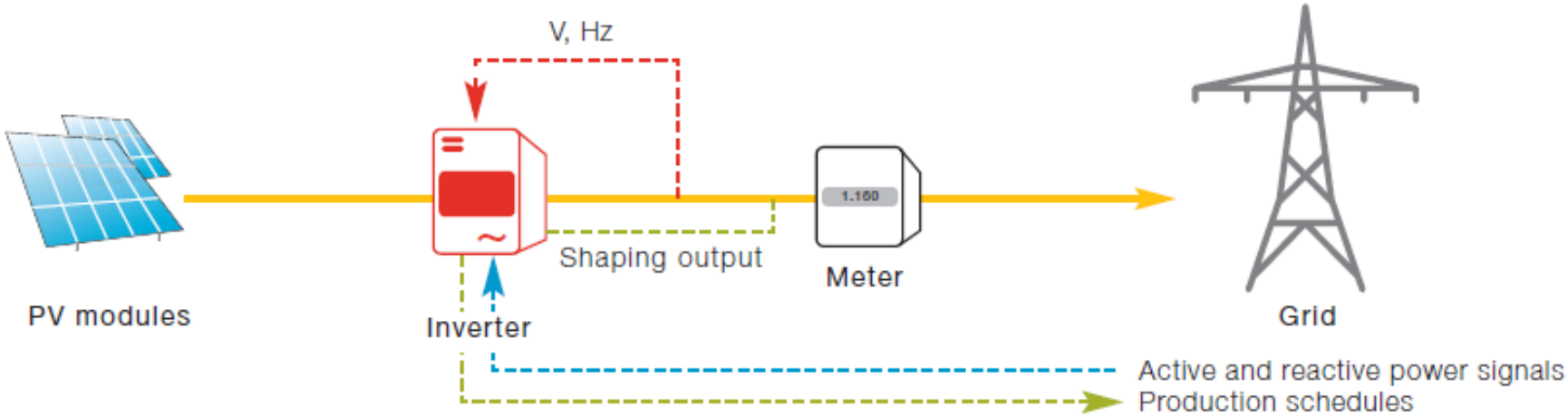
- Managementmodell
  - Abfrage von FBs / Geräten / Ressourcen / Verbindungen
  - FBs Erzeugen / Löschen
  - Verbind. Erzeugen / Löschen
  - FBs Starten / Stoppen





Funktionen moderner PV-Wechselrichter & Smart Grids Integr.

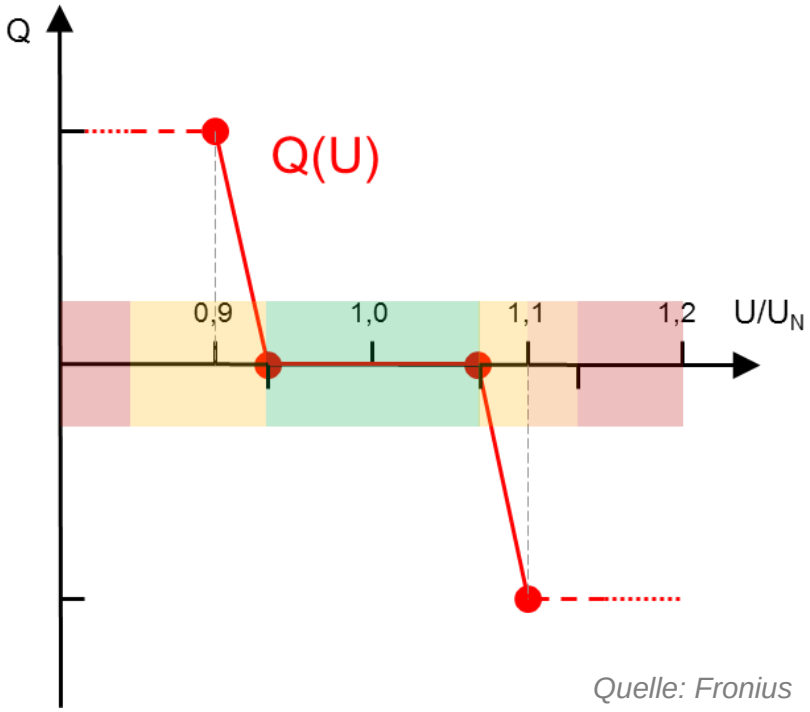
- Hohe PV-Penetration in zukünftigen elektrischen Verteilnetzen
  - PV-Systeme werden aktiv zum Netzbetrieb beitragen
  - Zusatzfunktionen
    - Fernsteuerung (Set-Points für Wirk- und Blindleistung)
    - Datenübertragung von aktueller und zukünftiger Erzeugung



Quelle: EPIA (basierend auf SMA Untersuchungen)

Funktionen moderner PV-Wechselrichter & Smart Grids Integr.

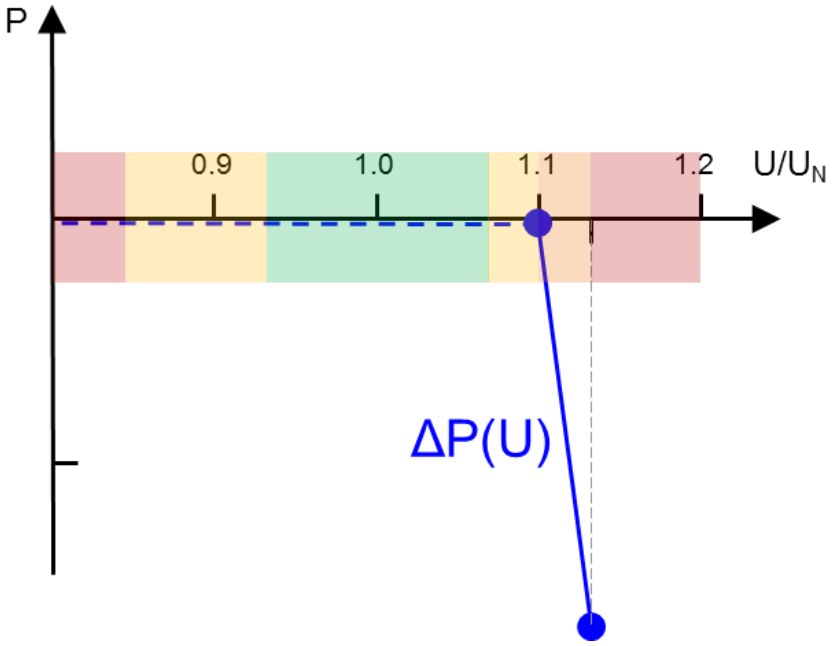
- Funktionen moderner PV-Wechselrichter
  - Spannungsabhängige Blindleistungsregelung (Voltage-dependent Reactive Power (VAr) Control … Q(U))
    - Verwendung der Blindleistung nur wenn notwendig
    - Konfigurierbar und fernsteuerbar



Quelle: Fronius

Funktionen moderner PV-Wechselrichter & Smart Grids Integr.

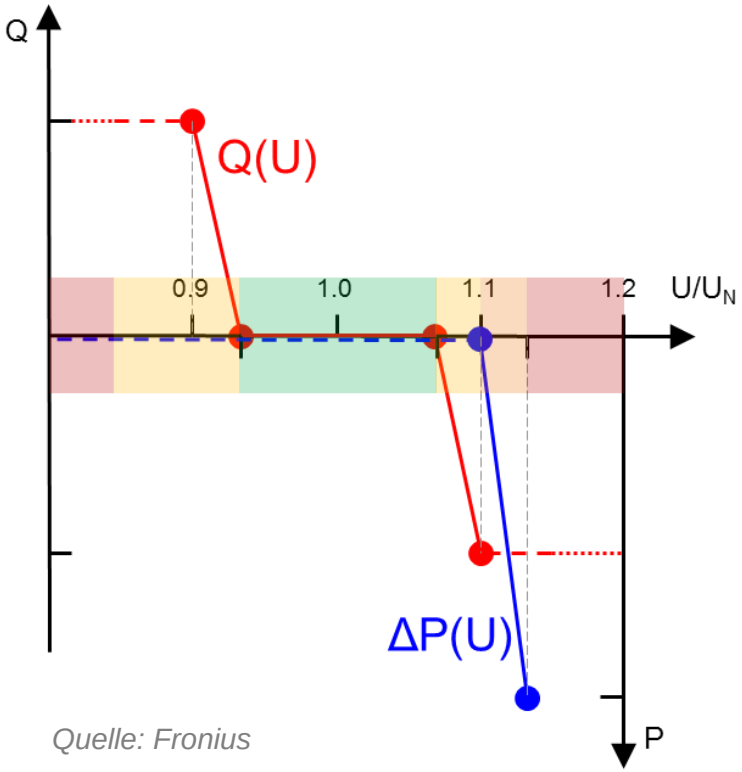
- Funktionen moderner PV-Wechselrichter
  - Spannungsabhängige Wirkleistungsregelung (Voltage-dependent Power Control … P(U))
    - Optimale Verteilung auf alle Phasen (Phase-Blancing)
    - Verhindert Abschaltungen bei Netzproblemen



Quelle: Fronius

Funktionen moderner PV-Wechselrichter & Smart Grids Integr.

- Funktionen moderner PV-Wechselrichter
  - Kombination Wirk-und Blindleistungsregelung (Voltage-dependent Reactive Power and Active Power Control … P(U) & Q(U))
    - Optimale Ausnutzung aller Möglichkeiten
    - Verhindert Abschaltungen bei Netzproblemen und maximiert den Ertrag



Quelle: Fronius

Standard-basierte Anbindung Dezentraler Erzeuger

- IEC 61850-90-7 Model für Dezentrale Erzeuger (DER) → vom autonomen zum verteilen koordinierten Betrieb
  - DER können nicht wie Großkraftwerke betrieben werden
  - Neue Konzepte die den autonomen und koord. Betrieb vereinen sind notwendig
  - Drei Ebenen des Informationsaustausches und der dazu notwendigen Funktionen sind in der IEC 61850-90-7 definiert
    1. Autonomer DER Betrieb unter Einbeziehung lokaler Zustände
    2. DER Management System interagiert mit mehreren DER
    3. Broadcast/Multicast (typ. vom Verteilnetzbetreiber)

IEC/TR 61850-90-7

Edition 1.0 2013-02

TECHNICAL REPORT

Communication networks and systems for power utility automation – Part 90-7: Object models for power converters in distributed energy resources (DER) systems

Communication networks and systems for power utility automation - Part 90-7: Object models for power converters in distributed energy resources (DER) systems

Standard-basierte Anbindung Dezentraler Erzeuger

- DER-Inverter Steuerungskonzepte definiert durch die IEC 61850-90-7
  - Inverter-Methoden für den autonomen Betrieb
    - Modes: pre-established groups of settings
    - Schedules: time-based definition of modes
  - Inverter-Funktionen
    - Immediate Control Functions (Connect/Disconnect, adjust P, PF)
    - Dynamic Reactive Current Support
    - Q(U) / P(f) Control Modes
    - P(U) / Q(P) Modes, etc.

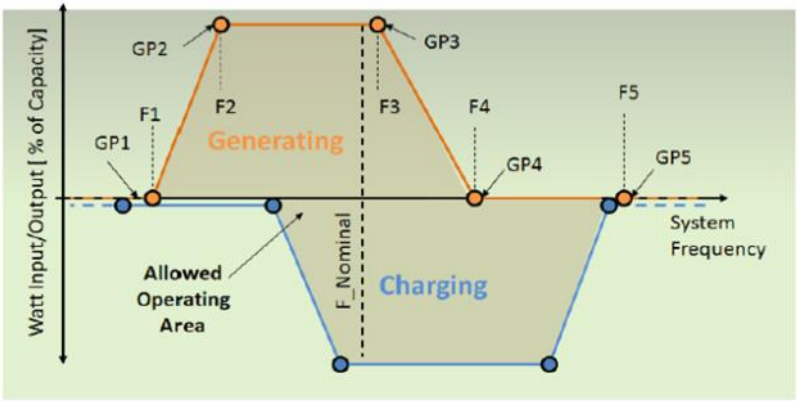


Figure 17 – Frequency-watt mode curves

Quelle: IEC/TR 61850-90-7

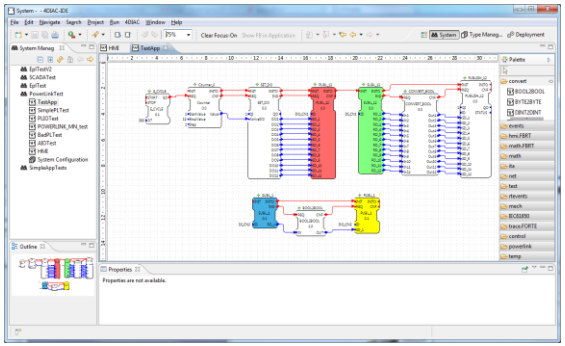
Standard-basierte Anbindung Dezentraler Erzeuger

- IEC 61499 als Modellierungssprache für IEC 61850

Intelligent Electronic Device (IED)

XML System Configuration

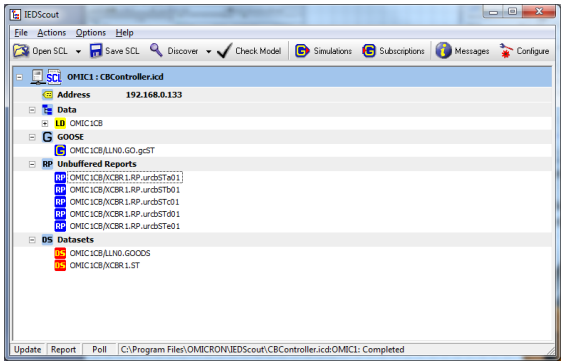
SYS



Device/System Implementation via IEC 61499 FBs

XML System Configuration

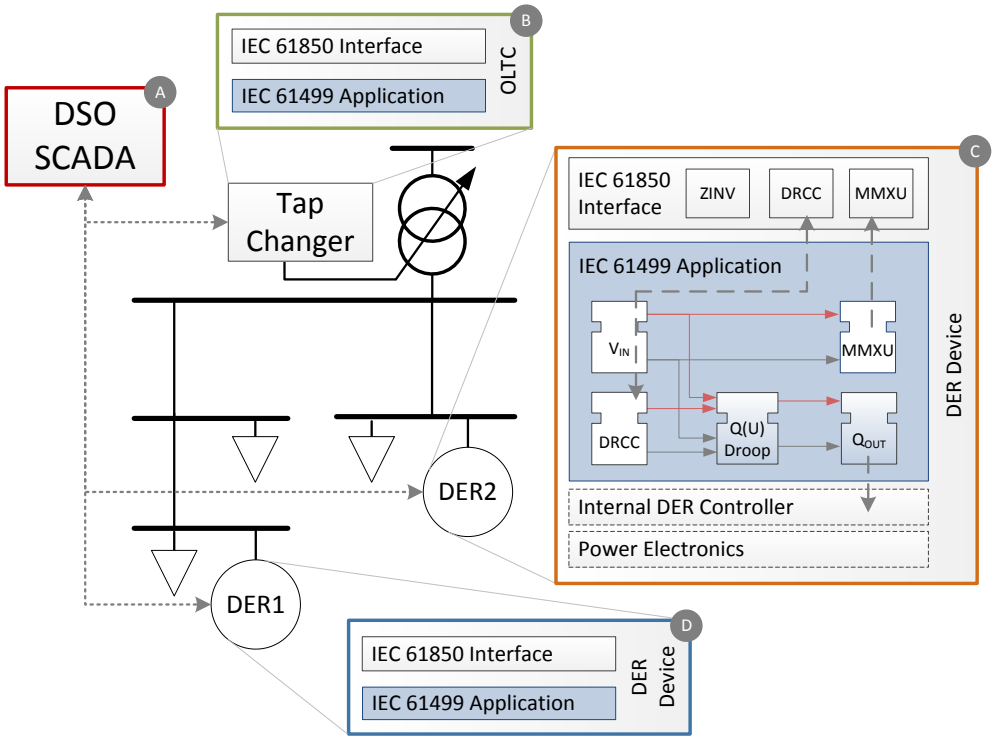
SCL



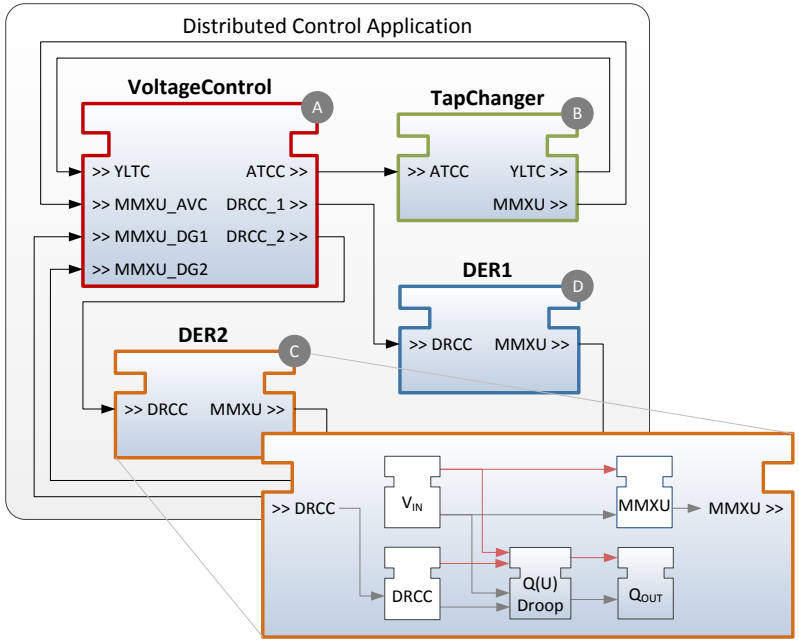
IEC 61850 Device/System Specification

Standard-basierte Anbindung Dezentraler Erzeuger

- IEC 61850 / IEC 61499 System-Architektur



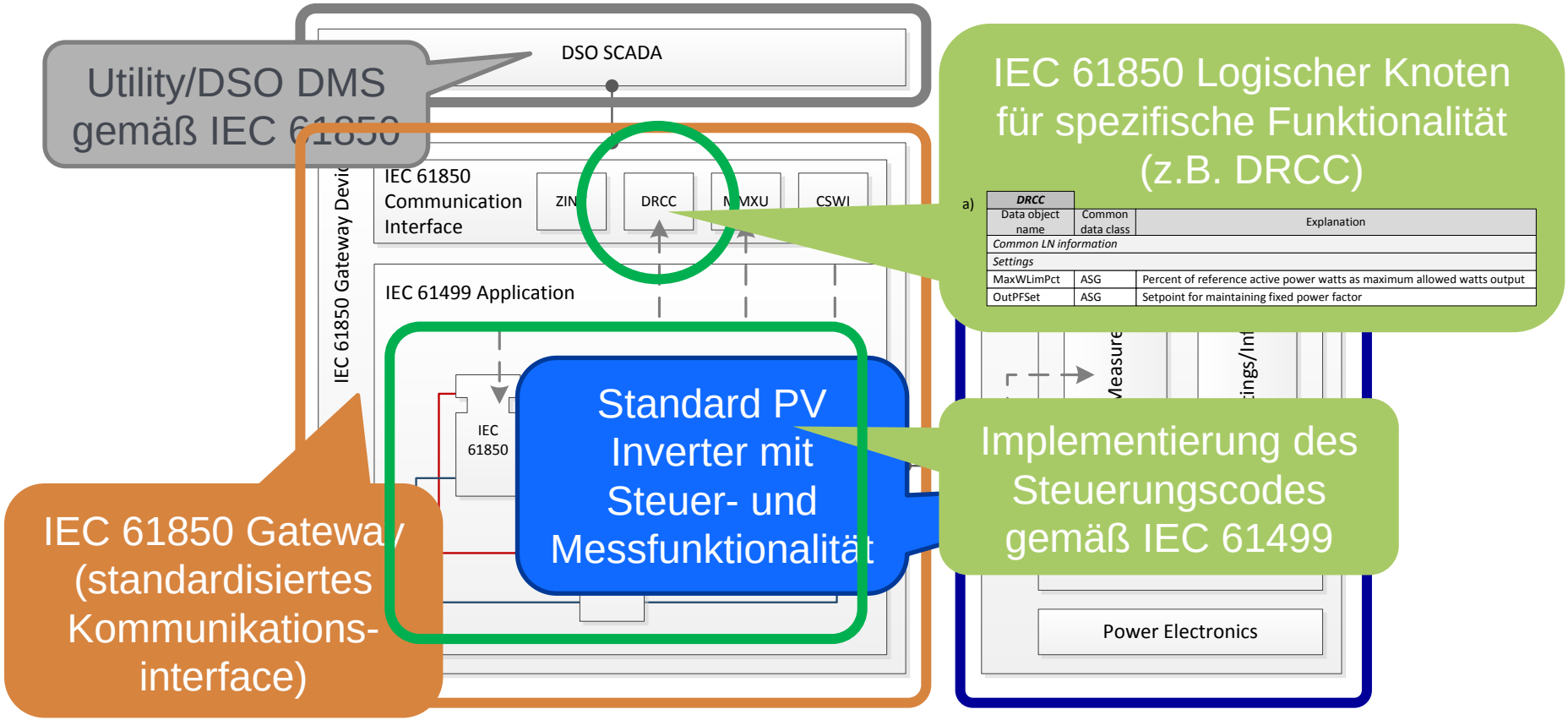
System-Architektur



Programmiermodel

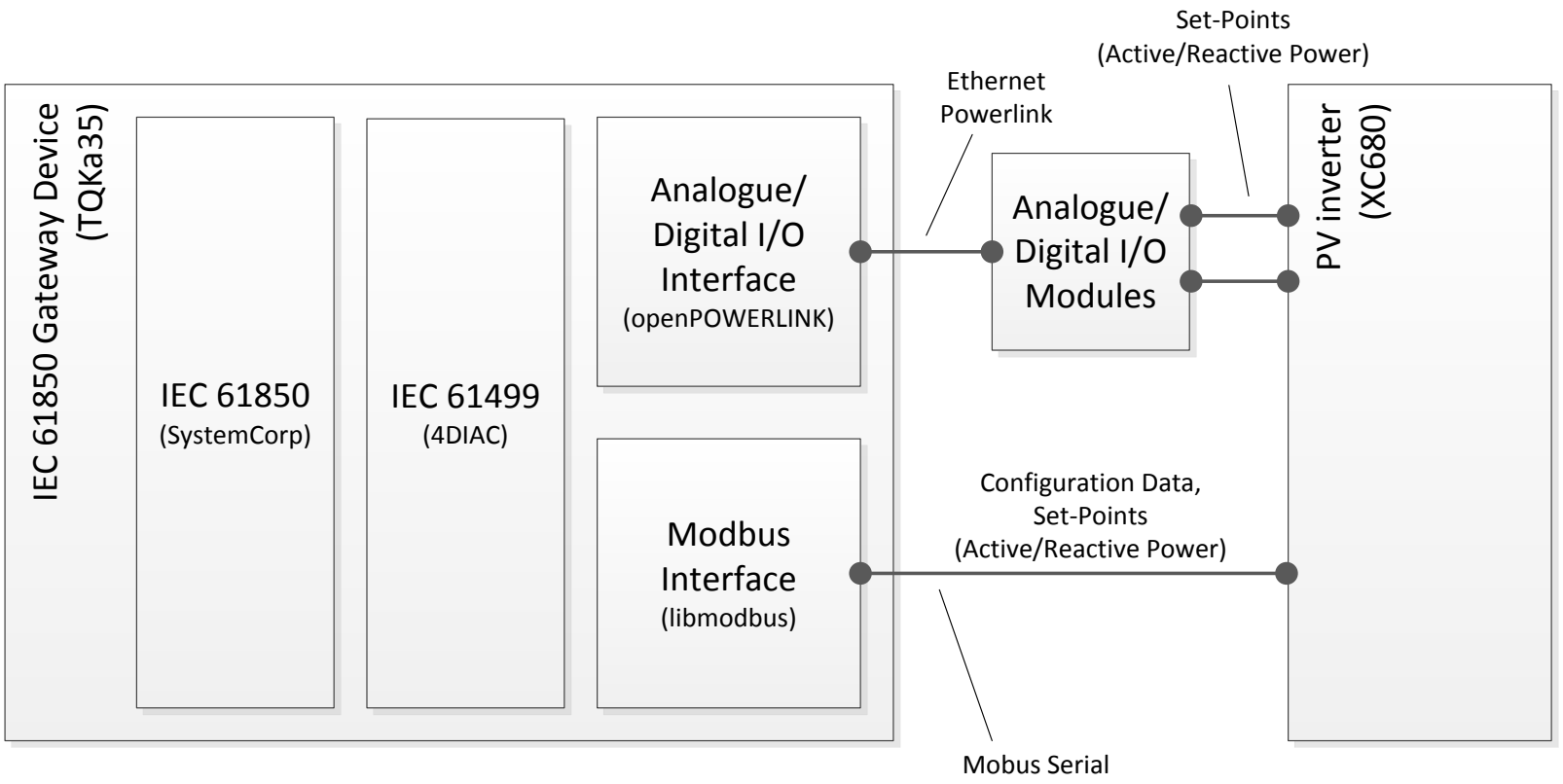
Standard-basierte Anbindung Dezentraler Erzeuger

- IEC 61850 / IEC 61499 DER Integration (Gateway Approach)



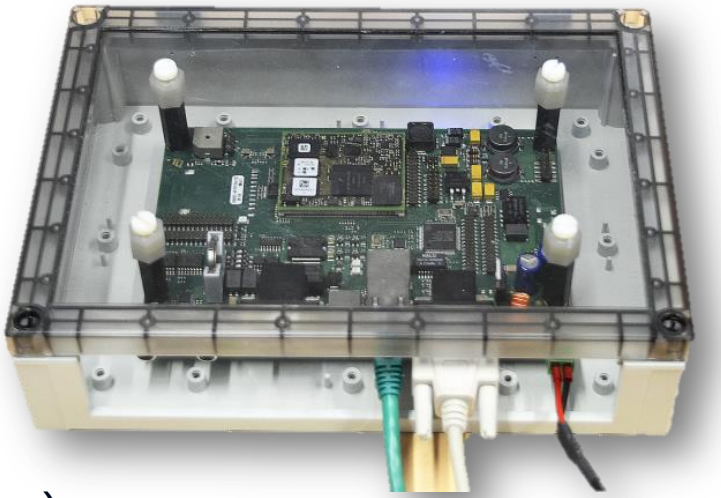
Standard-basierte Anbindung Dezentraler Erzeuger

- IEC 61850 / IEC 61499 DER Integration (Gateway Approach)



Standard-basierte Anbindung Dezentraler Erzeuger

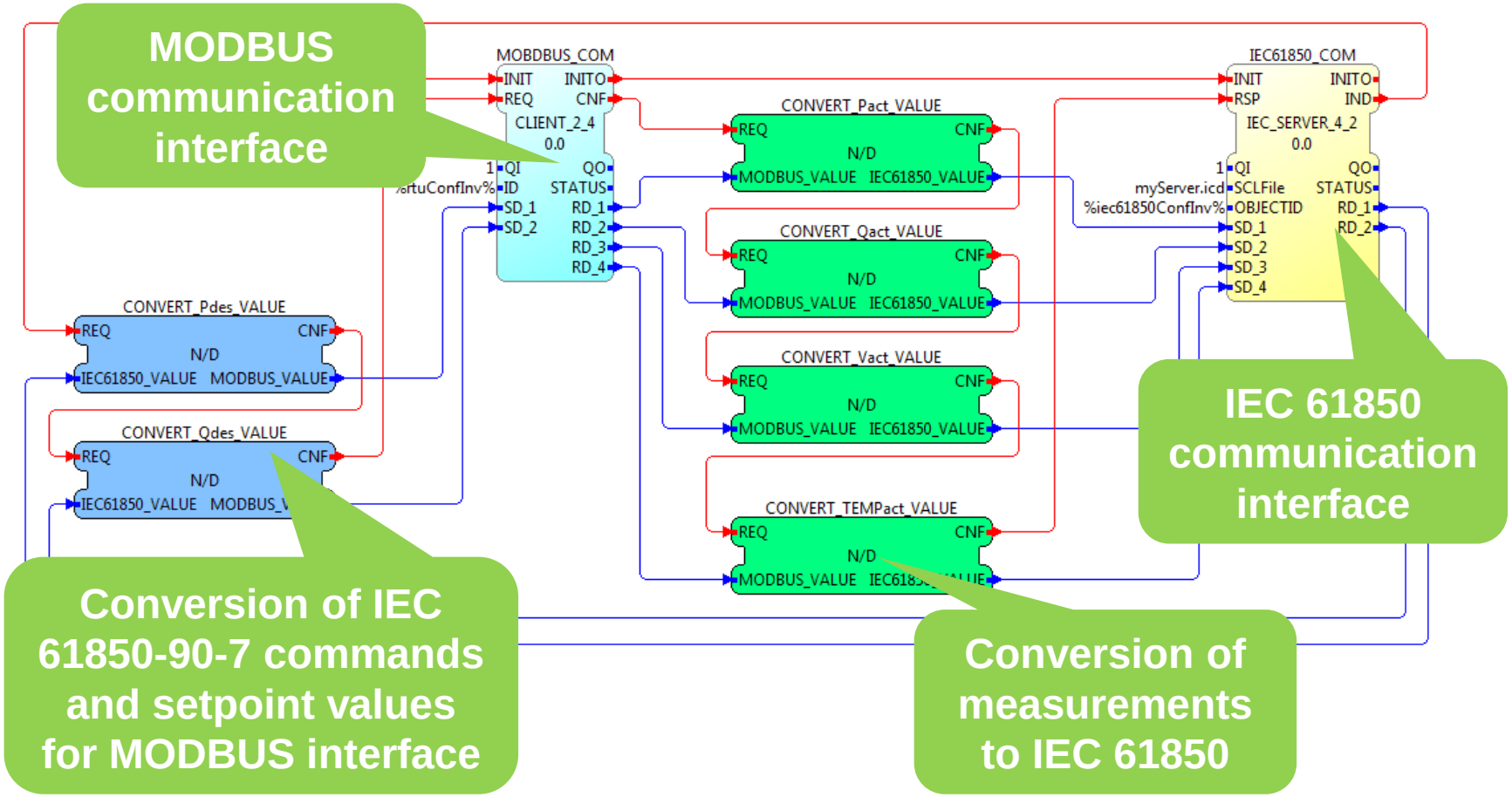
- IEC 61850/IEC 61499 DER Integration (Gateway Approach)
  - Hardware: Embedded Controller (TQ-Systems TQKa35)
    - Ethernet-Kommunikation mit IEC 61850 SCADA
    - Serielles Interface
    - Optional: dezentrale analoge/digitale I/Os für zeitkritische Set-Points



  - Software
    - Linux Betriebssystem (Open Source)
    - IEC 61850 Stack (Commercial & Open Source)
    - 4DIAC IEC 61499 Software (Open Source)
    - libmodbus Modbus Stack (Open Source)
  - PV-Wechselrichter mit propriäterem Kommunikationsinterface

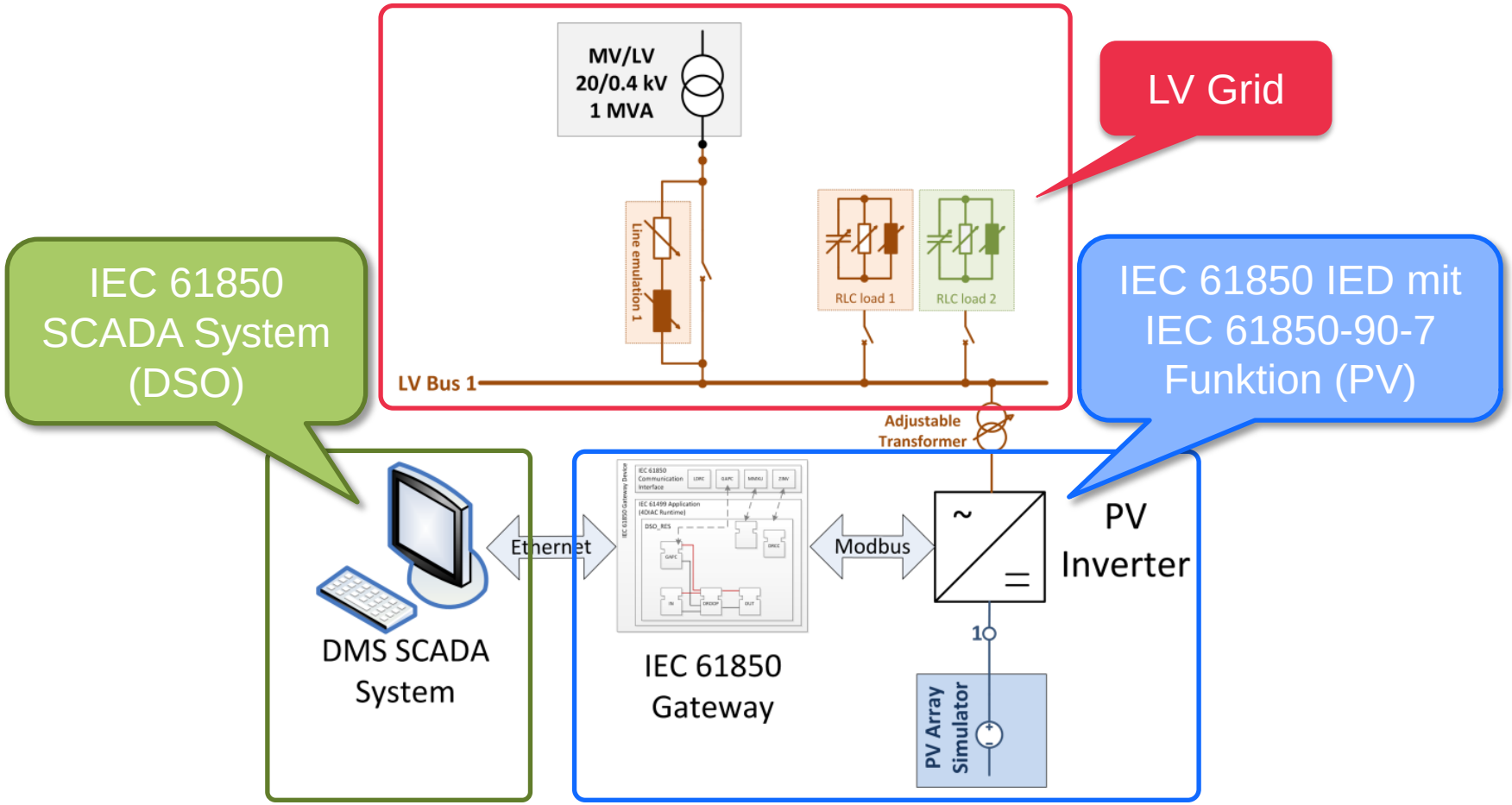
Standard-basierte Anbindung Dezentraler Erzeuger

- IEC 61850 / IEC 61499 DER Integration (Gateway Approach)



Standard-basierte Anbindung Dezentraler Erzeuger

- IEC 61850 / IEC 61499 DER Integration (Gateway Approach)



Standard-basierte Anbindung Dezentraler Erzeuger

- Integrationstest mit marktüblichem PV-Wechselrichter (Schneider Electric)
  - 680 kVA 3-phasig
  - 380 V Ausgangsspannung
- Erfüllung der deutschen Mittel-spannungsrichtlinie (BDEW)
  - Diverse P Control Modes
  - Diverse Q Control Modes (cos φ, Q(U), etc.)
  - Konfigurierbares LVRT
- Kommunikationsschnittstellen
  - Modbus RTU (seriell)
  - Analog (0..10 V, 4..20 mA)

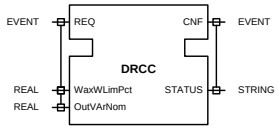
Standard-basierte Anbindung Dezentraler Erzeuger

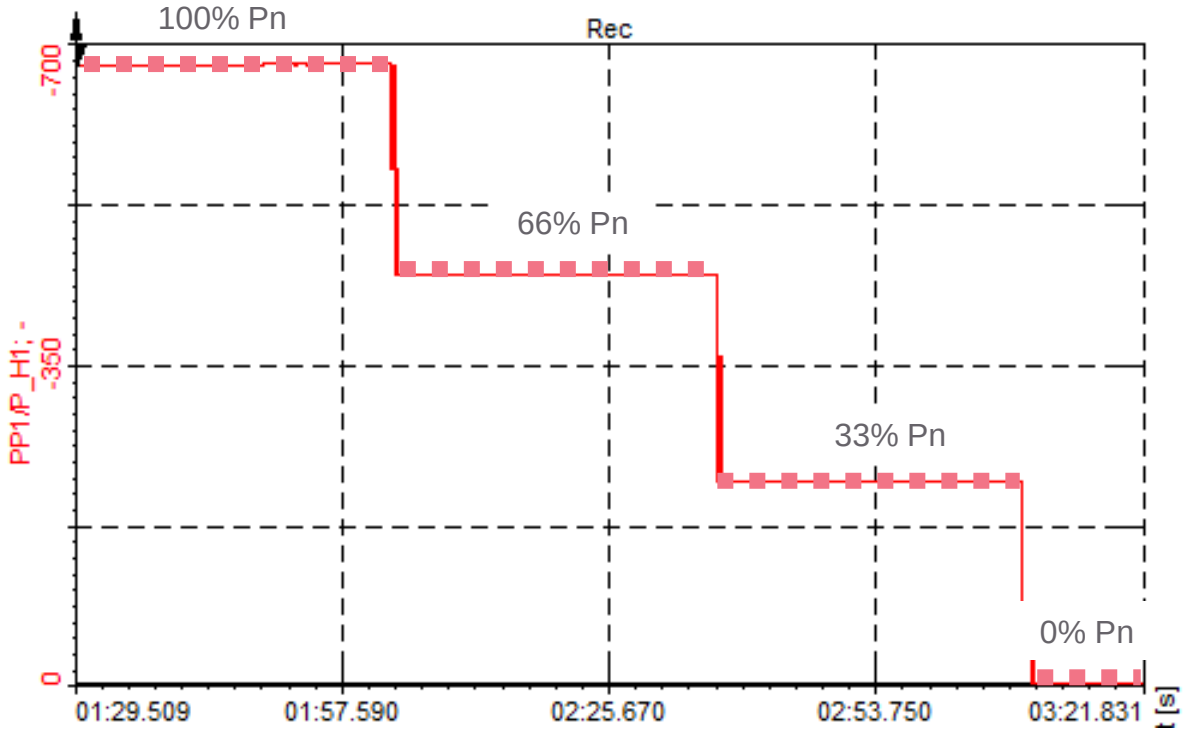
- Implementierte IEC 61850-90-7 Funktionen
  - INV2: Anpassung Wirkleistung
- Set-point Control Tests
  1. 100% Pn, 30 s
  2. 66% Pn, 30 s
  3. 33% Pn, 30 s
  4. 0% Pn, 30 s
- Korrektes Verhalten des PV-Wechsel-richters auf die INV2 Funktion

a)

DRCC		
Data object name	Common data class	Explanation
Common LN information		
Settings		
MaxWLimPct	ASG	Percent of reference active power watts as maximum allowed watts output
OutVArNom	ASG	Reactive power in percent of WMax

b)





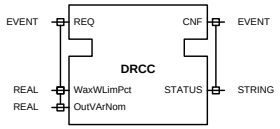
Standard-basierte Anbindung Dezentraler Erzeuger

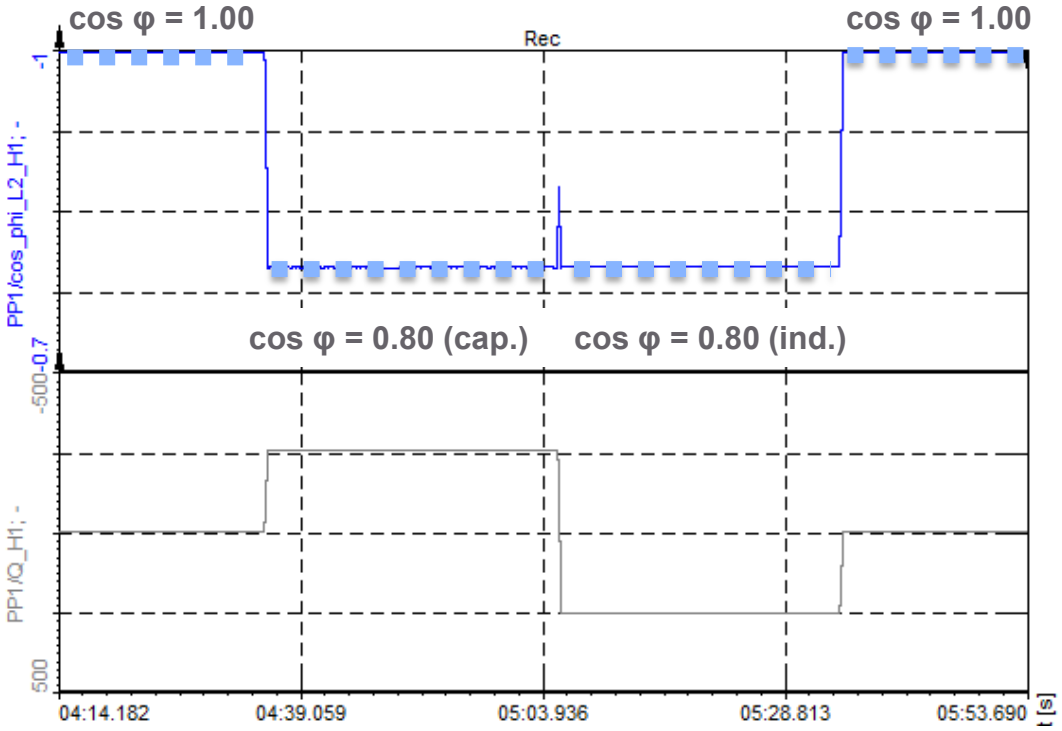
- Implementierte IEC 61850-90-7 Funktionen
  - INV3: Anpassung Power Factor
- Set-point Control Tests
  1. cos φ = 1.00
  2. cos φ = 0.80 (cap.)
  3. cos φ = 0.80 (ind.)
  4. cos φ = 1.00
- Korrektes Verhalten des PV-Wechsel-richters auf die INV2 Funktion

a)

DRCC		
Data object name	Common data class	Explanation
Common LN information		
Settings		
MaxWLimPct	ASG	Percent of reference active power watts as maximum allowed watts output
OutVArNom	ASG	Reactive power in percent of WMax

b)





Schlussfolgerungen

- Fazit
  - Interoperabilität und Offenheit sind wesentliche Anforderungen bei der Realisierung von Smart Grids
  - Verwendung von IEC 61850 auf Geräteebene (Trafo, verteilte Erzeuger)
  - IEC 61499 als Modellierungs- und Implementierungsansatz für die Energietechnik (speziell für IEC 61850 Funktionen)
- Zukünftige Arbeiten
  - Detailliertere Analyse und Regeln für das Mapping von IEC 61850 auf IEC 61499
  - Entwicklung eines normgerechten IEC 61499 Profils für Smart Grid Applikationen (unter Verwendung von IEC 61850 und CIM)

Fachhochschule Salzburg University of Applied Sciences

AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TOMORROW TODAY

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

DI Dr. Thomas Strasser

Senior Scientist
Electric Energy Systems
Energy Department

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Giefinggasse 2 | 1210 Vienna | Austria
T +43(0) 50550-6279 | M +43(0) 664 2351934
thomas.strasser@ait.ac.at | http://www.ait.ac.at

Gast-Professor
Future Energy Systems
Informationstechnik & System-Management

Fachhochschule Salzburg GmbH
Urstein Süd 1 | 5412 Puch/Salzburg / Austria