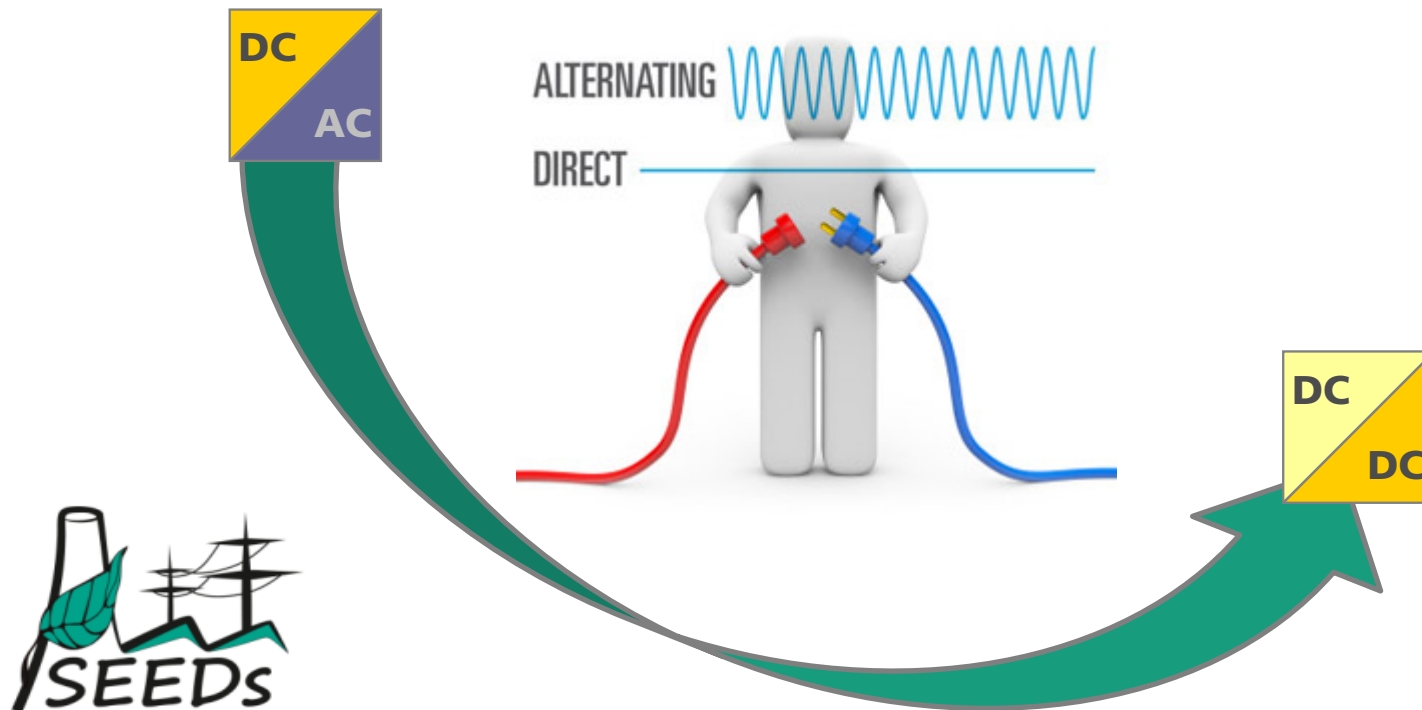


Energiemanagement und Kommunikation in einem Gleichstromnetz

Fraunhofer IISB, Erlangen

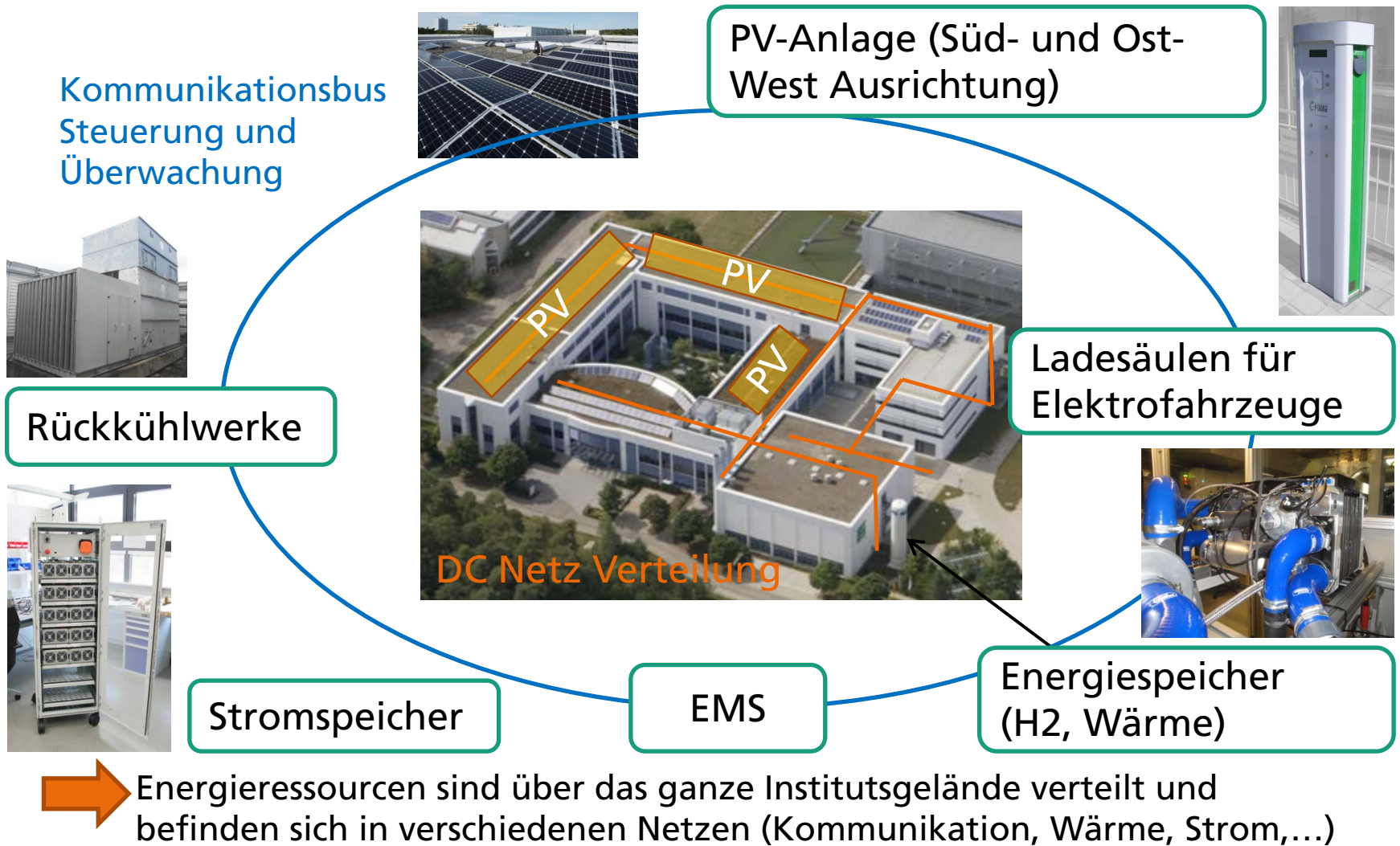
Bernd Wunder (bernd.wunder@iisb.fraunhofer.de)



Inhalt

- Anforderungen an das Management und die Kommunikation durch verteilte Energieressourcen
- Aufbau des DC-Netzes im SEEDs project
- Spannungsstabilisierung und Energieflusssteuerung im DC-Netz
- Energiemanagement und Steuerung auf Gebäudenetzebene
- SEEDs Bus

Energieressourcen im Fraunhofer IISB Netz



Netzstruktur für Energie und Kommunikation

■ Kommunikationsstrukturen:

- Ethernet: Im gesamten Gebäude vorhanden, sehr viele Geräte ansprechbar, aber keine Echtzeitfähigkeit
- CAN: Nur für kurze Distanzen geeignet, fast keine Endgeräte in Gebäuden, echtzeitfähig
- Feldbusse (z.B. Modbus TP, Profi Bus, EtherCAT): für Sensoren, Schaltbefehle und Monitoring gut geeignet, keine Schnittstelle für Endgeräte, Echtzeit Fähigkeit, teuer
- Funklösungen (ZigBee, WiFi, NFC, ...): Sicherheit, Zuverlässigkeit, Bandbreite, Kosten, keine Echtzeitfähigkeit, Eigenenergieverbrauch

■ Energieverteilung

- Elektrische Energieverteilung (AC und DC Netze, Lastmanagement)
- Unterschiedliche Kälte- und Wärmeverteilung
- Wasserstoffnetz für Reinraum, Brennstoffzelle und Elektrolyseur
- Fernwärme
- Klimatisierung von Reinräumen, Büro- und Laborbereichen

Anforderungen an das DC Netz

■ Allgemeine Anforderungen

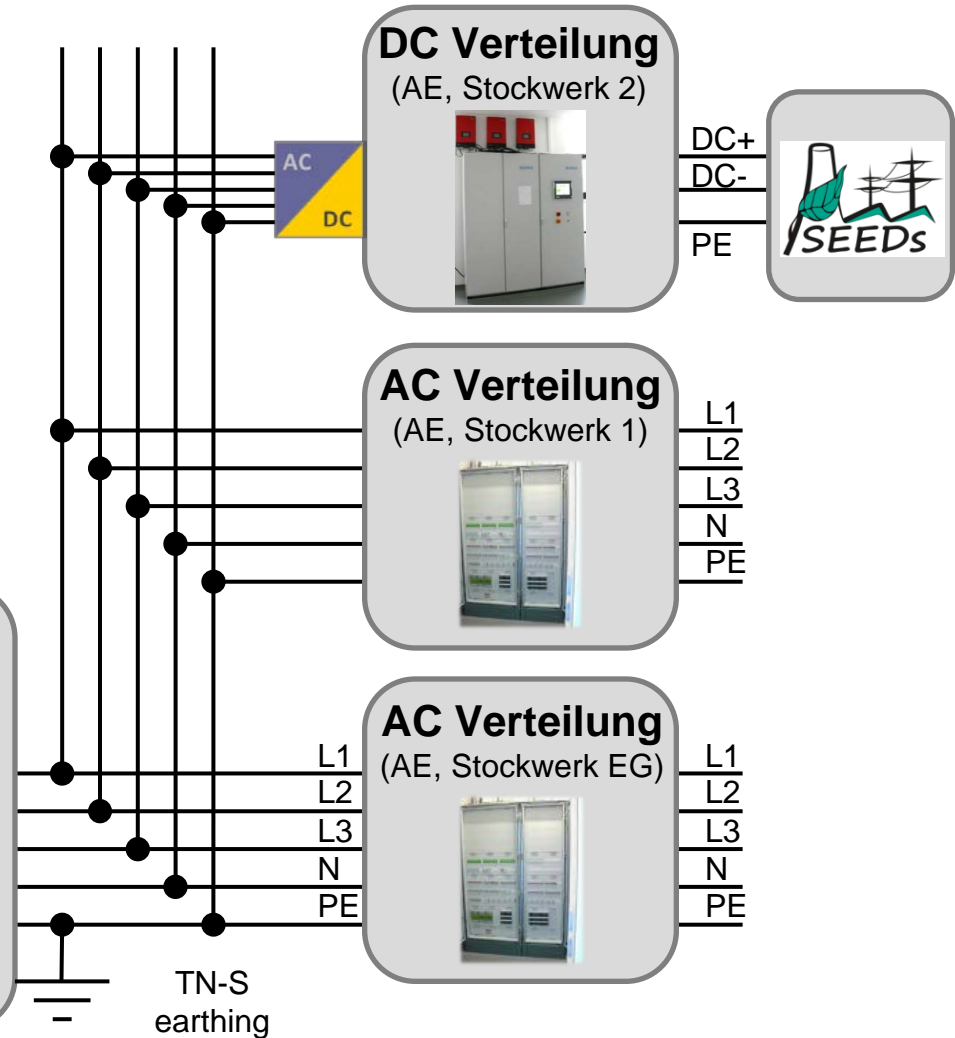
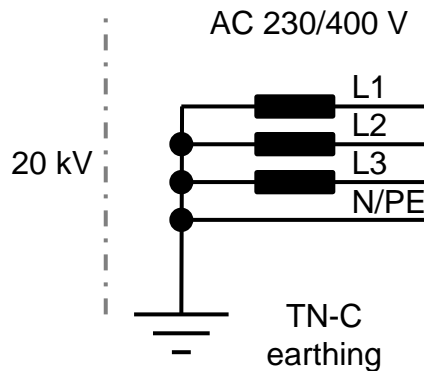
- Interaktion mit anderen Netzen (AC/DC-Wandler, BHKW, Pumpen, Motoren)
- Kommunikationsschnittstelle für Monitoring und Management Software
- Sicherheitsfunktionen werden im jeweiligen Netz behandelt
- Steueraufgaben werden auf Basis von Leistungsvorgaben umgesetzt

■ Spezifische Anforderungen ans DC-Netz

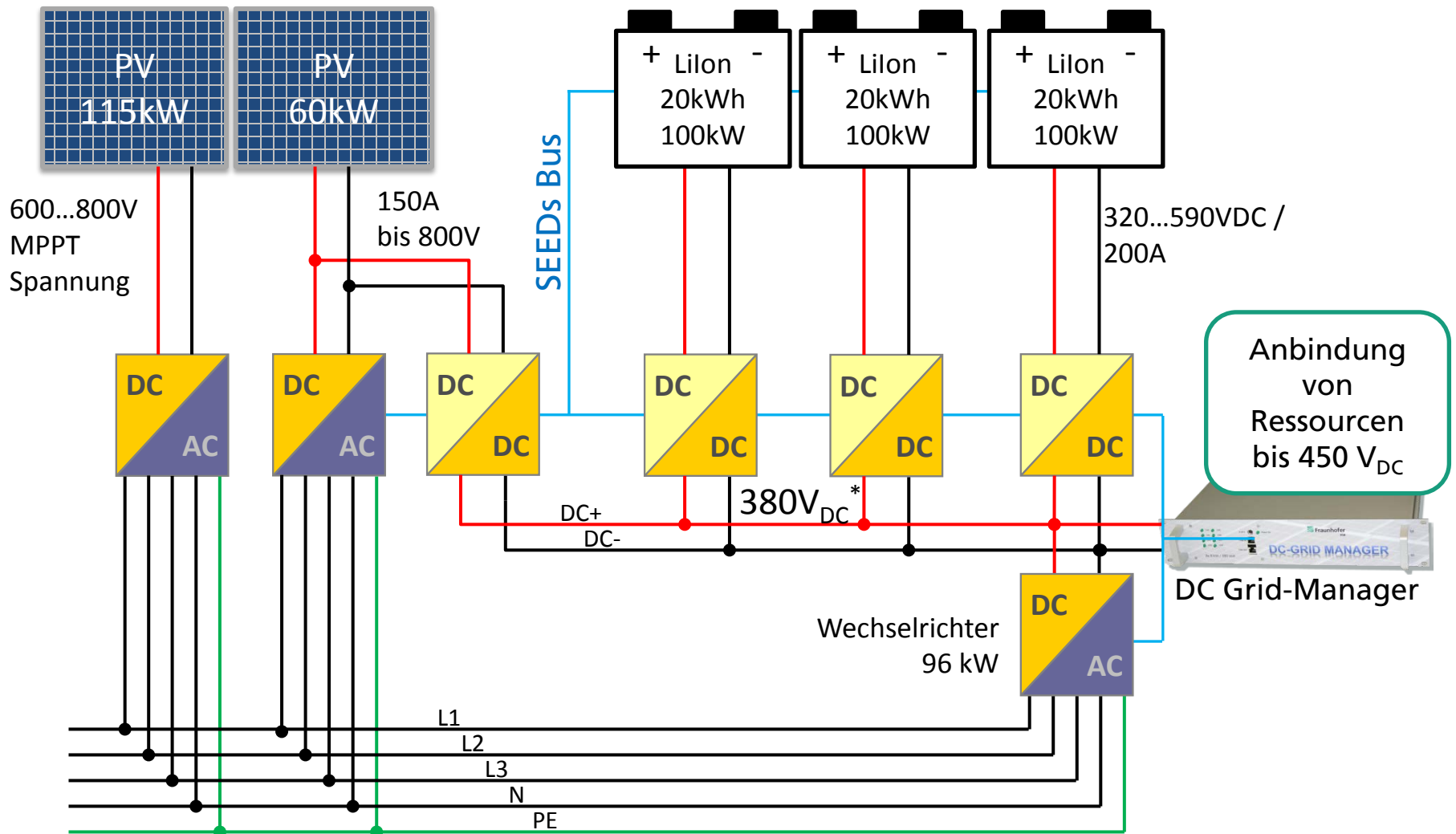
- Umsetzung der Leistungsvorgaben in Sollwerte für Strom und Spannung
- Regelung und Stabilisierung des DC-Netzes
- Zentrale Kommunikation Schnittstelle für alle im DC-Netz vorhandenen Ressourcen
- Sicherheits- und Basisfunktionen (Leistungsverteilung) müssen ohne Kommunikation funktionieren

Stromnetz am Fraunhofer IISB

Stromverteilung und DC-Netz Integration für SEEDs

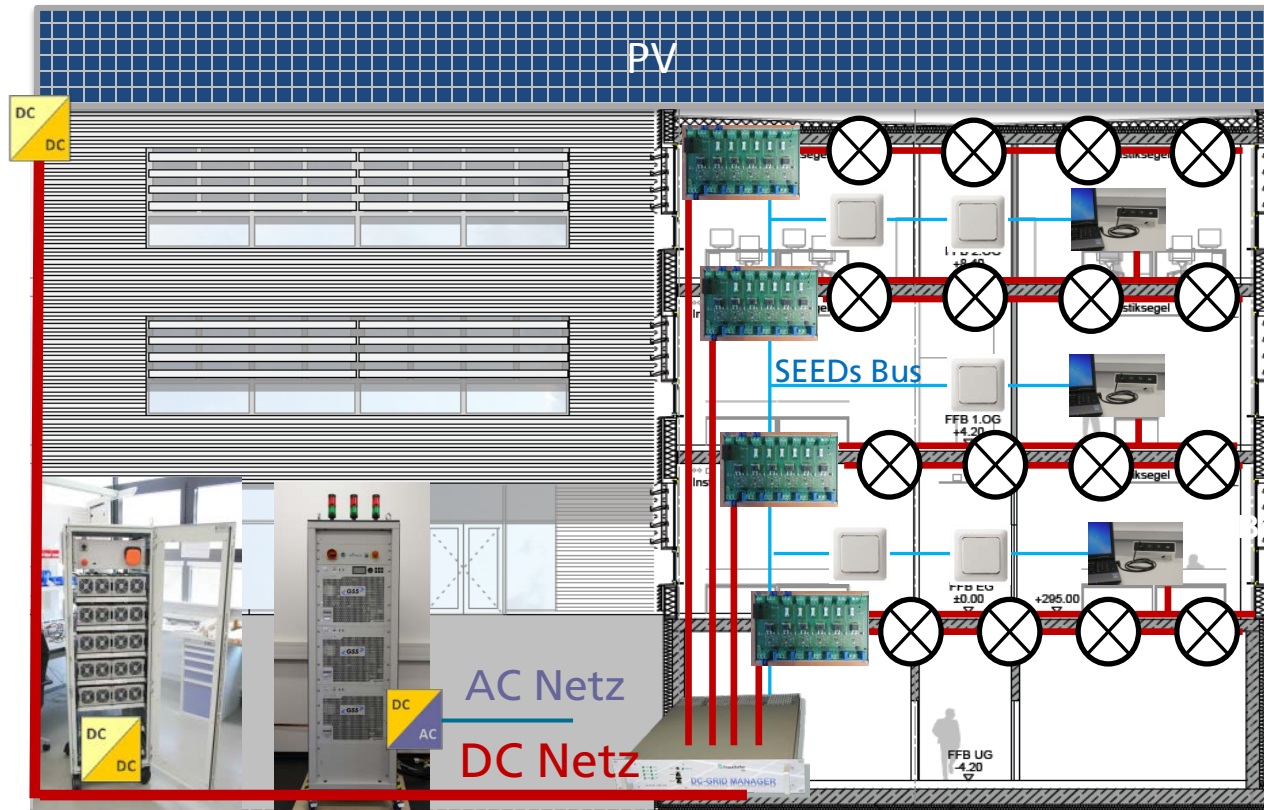


DC Netzstruktur für das SEEDs Projekt



* ETSI EN 300 132-3-1

DC-Grid Manager – Anwendung Bürogebäude



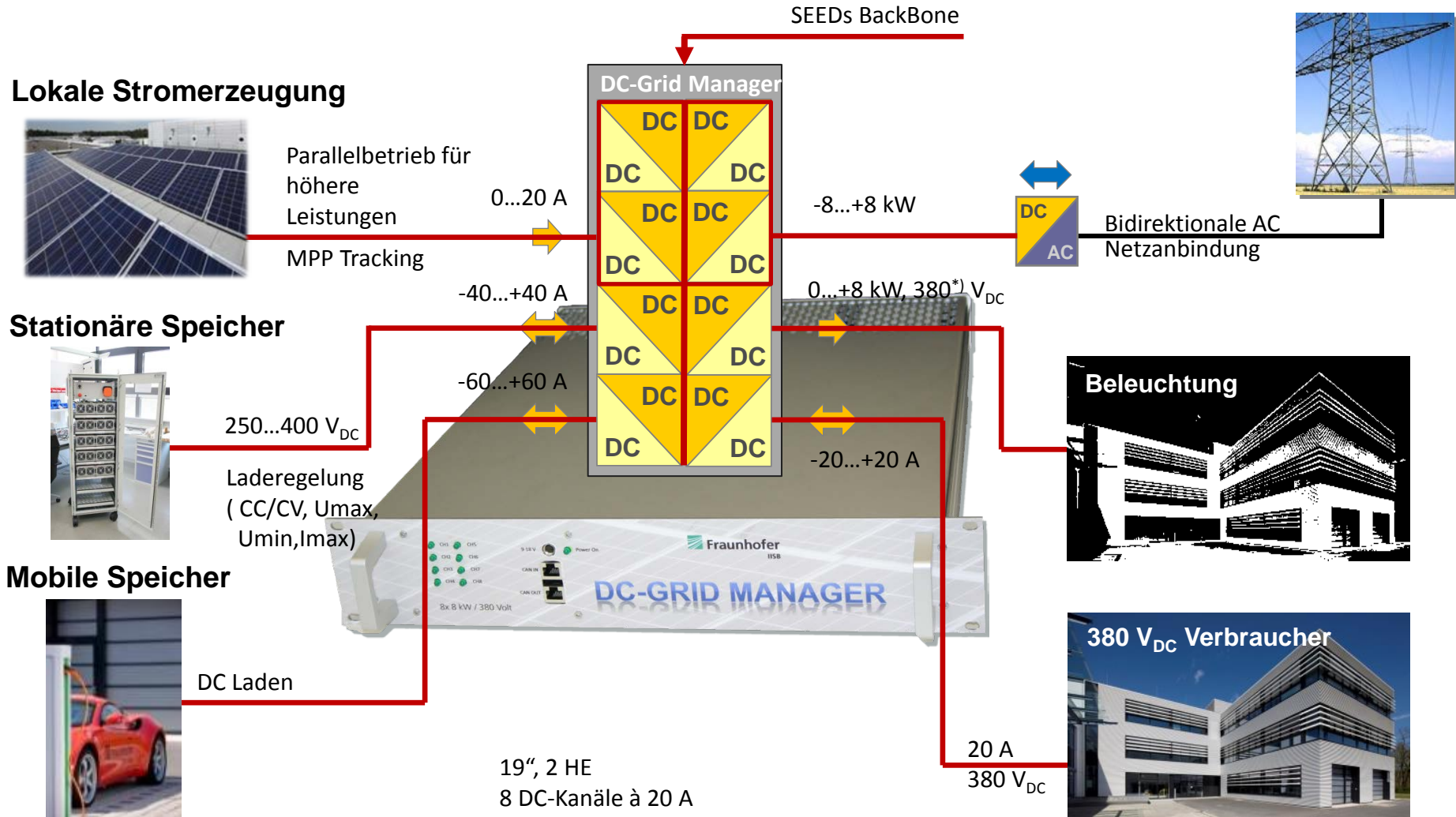
Batterie-
Speicher
3x 20 kWh
 $P_{\max} = 100 \text{ kW}$

Wechsel- und
Gleichrichter
 $P_{\max} = 100 \text{ kW}$

Status des DC Netzes im Erweiterungsbau AE

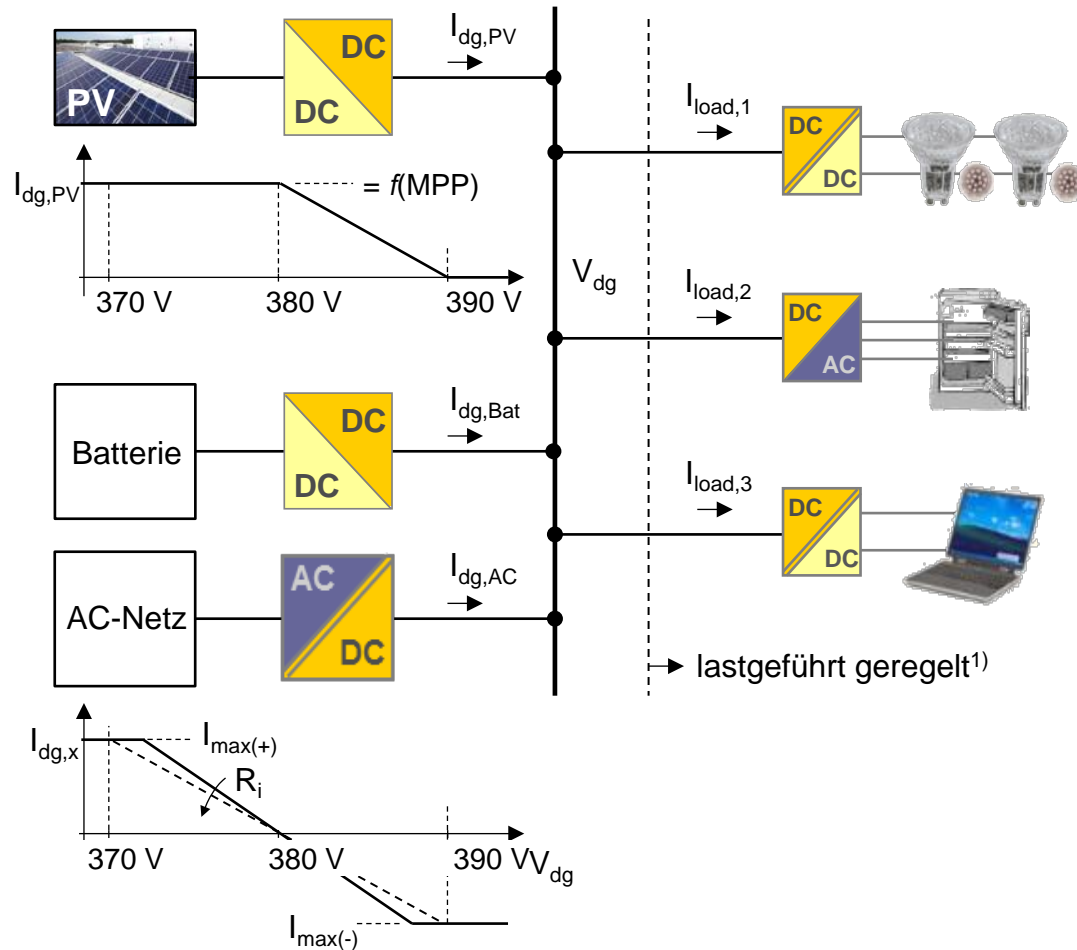


DC-Grid Manager - eine Kernkomponente



* Spannung nach ETSI EN 300 132-3-1

Wie regle ich ein Netz ohne übergeordneten Master?



Droop Control

- Die Netzspannung (V_{dg}) dient als zentrale Regelgröße
- Alle einspeisenden Wandler arbeiten regelungstechnisch als Spannungsquellen **mit Innenwiderstand**

Vorteile

- Keine übergeordnete Kommunikationsstruktur im Netz erforderlich
- Höchste Flexibilität und Verfügbarkeit

Herausforderung

- Sicherstellung der dynamischen Netzstabilität unter beliebigen Konstellationen (\Rightarrow selbstparameterisierende Regler)

1) i.a. negative differentielle Eingangsimpedanz, d.h. Eingangstromerhöhung bei Netzspannungsabfall

Droop Control Eigenschaften

Vorteile

- Inhärente Inselnetzfähigkeit
- Information über den Status des Netzes steckt in der Netzspannung
- Einfache Erweiterbarkeit des Netzes
- keinerlei Kommunikation notwendig

Nachteile

- Abweichungen der Knotenspannungen vom Nennwert durch Spannungsabfall an Leitungsimpedanzen
- Priorisierung der Quellen wird durch die Höhe der Droop-Widerstände festgelegt (Umrechnung notwendig)

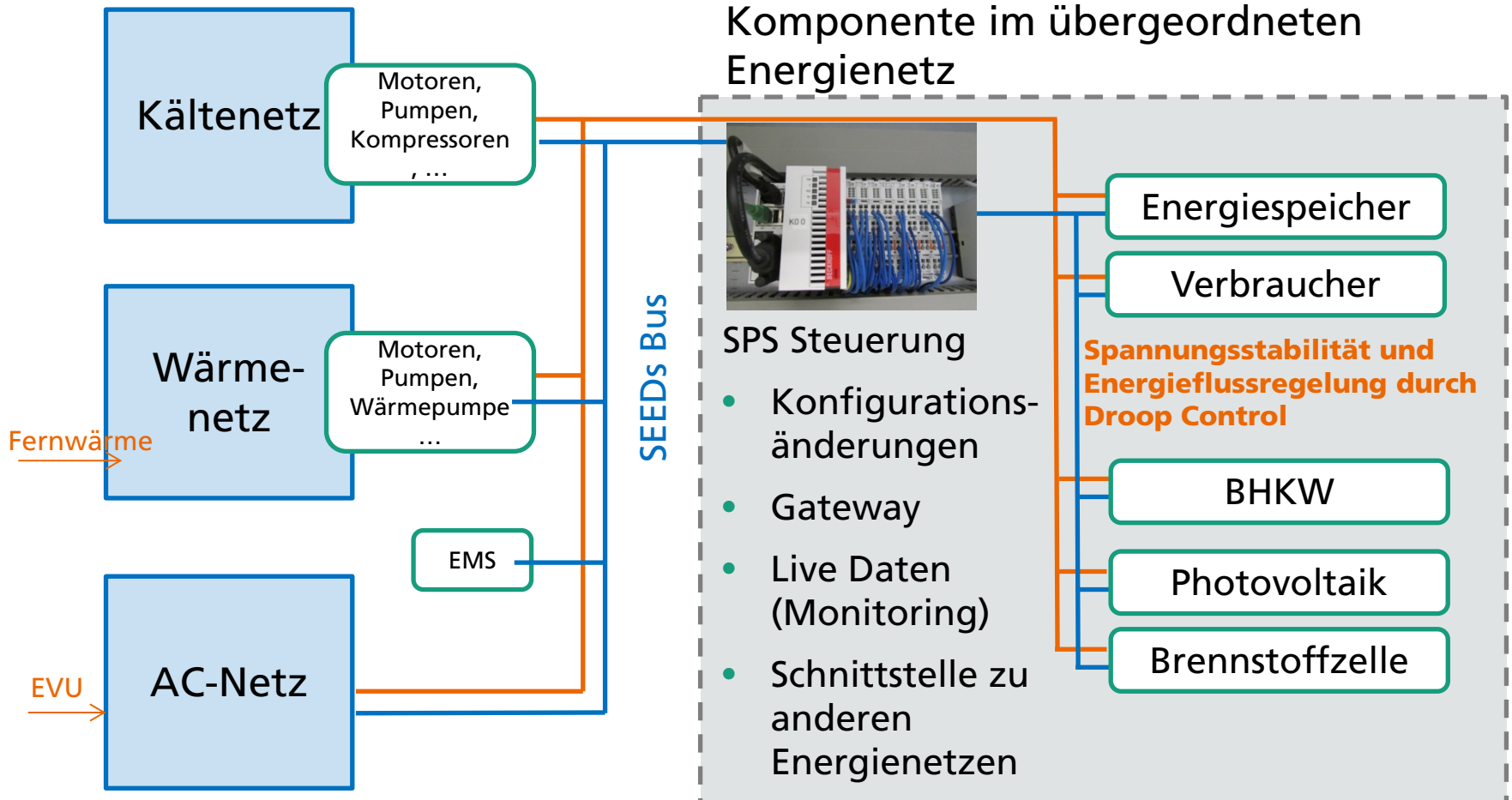
Überlagerte Kommunikation

- Kompensation der statischen Regelabweichung durch Impedanz Messungen und Mittelung
- Priorisierung kann Online geändert werden, Error Handling, Redundanz
- Firmware Updates



Keine Echtzeitkommunikation mit anderen Leistungsstufen für Spannungsregelung notwendig

Energieflusssteuerung auf Energienetzebene



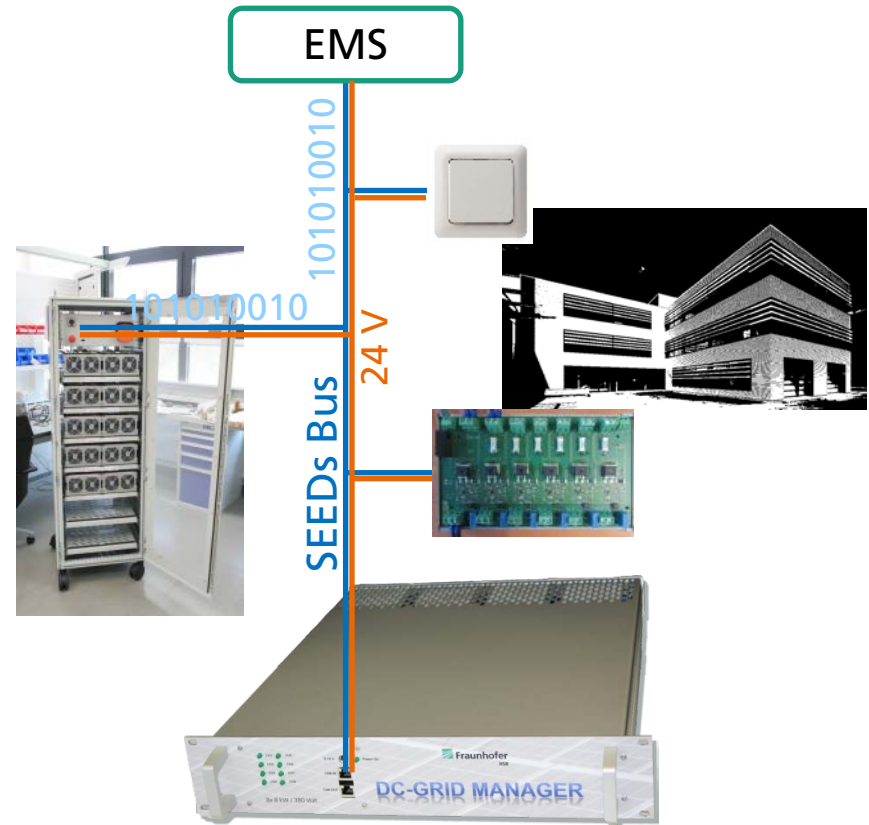
Anforderungen an den SEEDs Bus

Ausgangslage

- Gebäudebusse: langsam, hohe Latenz, Reichweite, Komplexität (Speicher, Codegröße), Synchronisierung, Reichweite, Kosten

Anforderungen

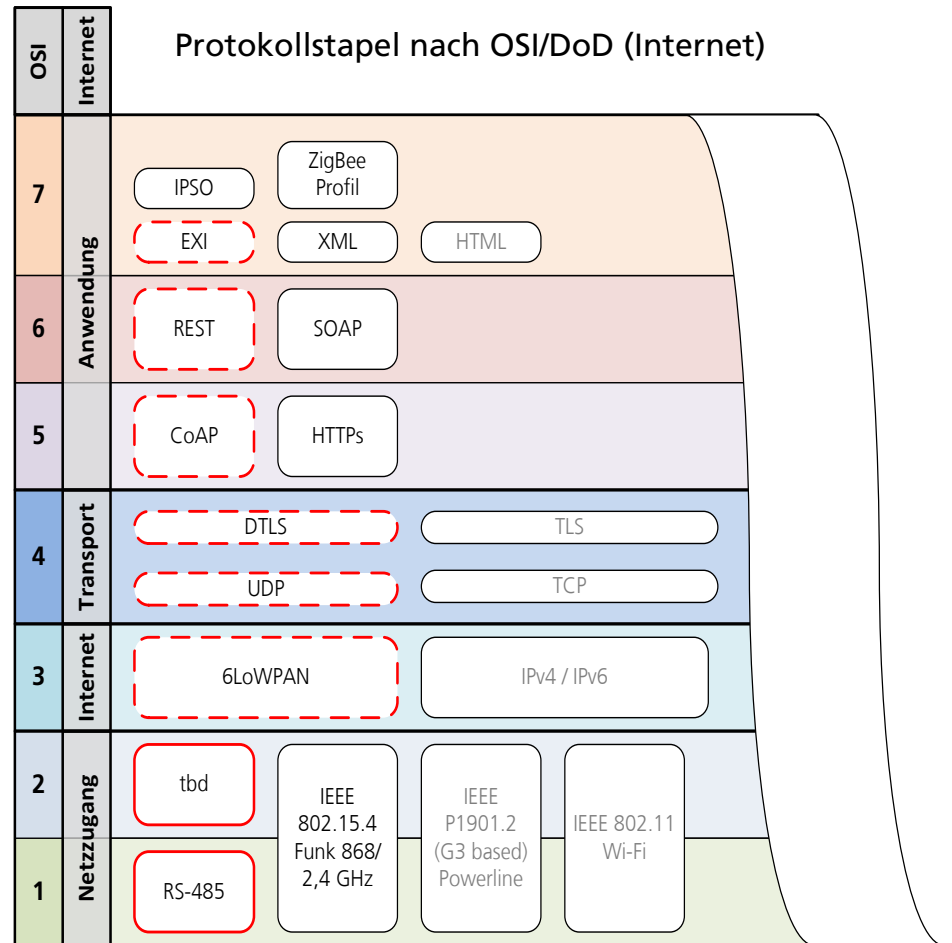
- Kostengünstige Lösung
- Einfache Nachrüstbarkeit
- Linientopologie und Ringtopologie
- Reichweite bis 500 m, Datenrate 500 kbit/s, geringe Latenz, Jitter (ca. 5ms), Takt für Synchronisierung (100 ms)
- Energieversorgung von Kommunikationsknoten über Bus
- Höhe Zuverlässigkeit
- Verschlüsselungsmöglichkeit, Einbindungsmöglichkeit in IP-Netze (IoF)



Kommunikation für Energiemanagement

Umsetzung SEEDs Bus

- Einsatz standardisierter Protokolle für die oberen Protokollschichten (Netzwerk, Transport, Anwendungsschicht)
- Erweiterung bestehender Datenmodelle
- Drahtgebundene Kommunikation mit Funk-Erweiterbarkeit (IEEE 802.15.4)
 - Power-Over RS-485 4-draht Lösung mit Spannungsversorgung für Kleinleistungsverbraucher
 - Bustopologie
 - Peer-to-Peer Kommunikation (jeder Knoten darf senden)



Zusammenfassung

- Ressourcen sind im gesamten Gebäude verteilt und in unterschiedlichen Energienetzen eingebunden
- Energiemanagement muß Netzübergreifend realisiert werden
- DC Netze ermöglichen die einfache Integration von verteilten Ressourcen
- Keine Kommunikation für Grundfunktionen durch Droop Control notwendig
- SEEDs Bus ermöglicht die Steuerung und Überwachung vom Schalter bis zum Energiemanagement in allen Energienetze



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit