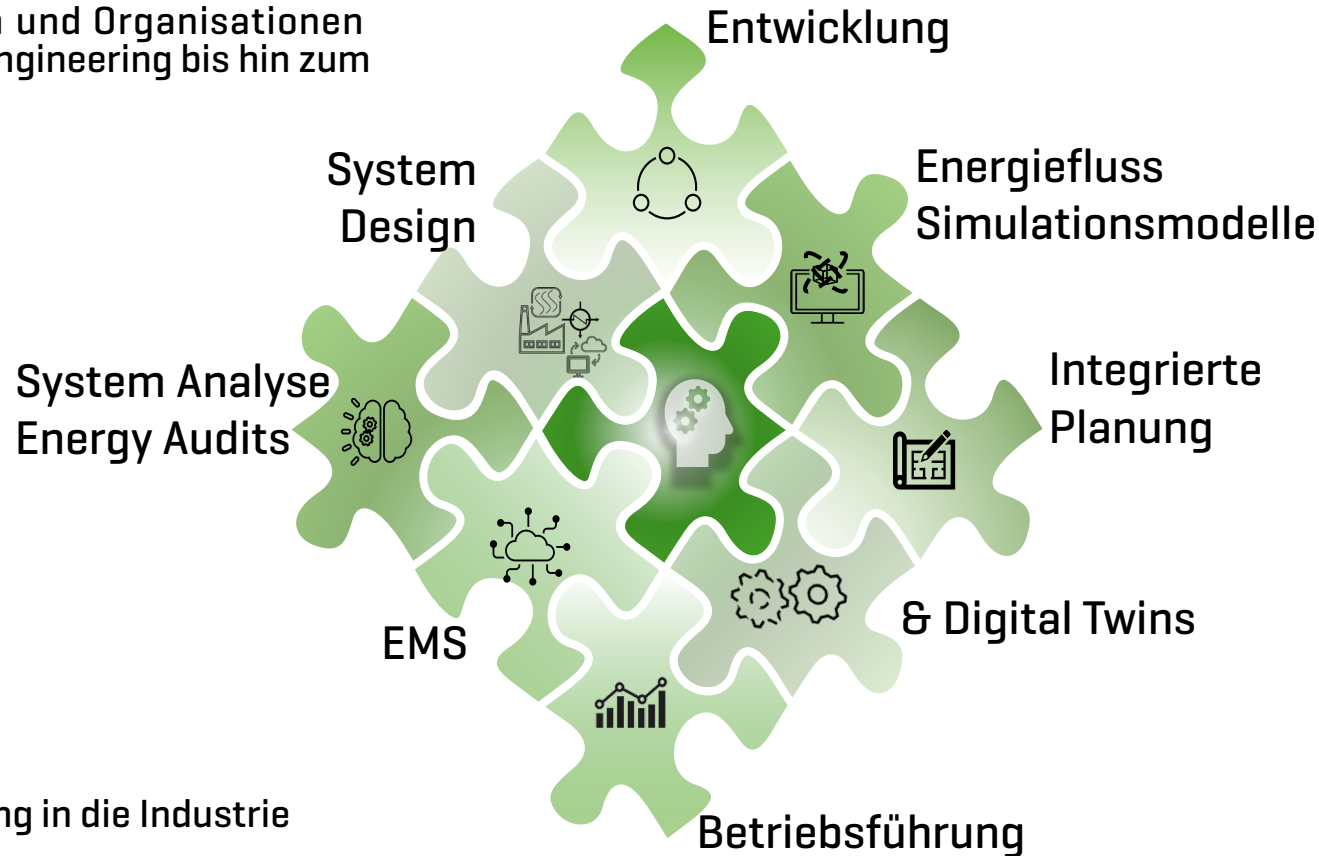


DC-Netze als Integrationsplattform für Hochleistungsverbraucher, Speicher und Erzeugungsanlagen

Architektur, Schutz und Systemführung im hybriden AC/DC-Netz

Dr. Axel Klaus & Ingo Bresgen M.Sc.

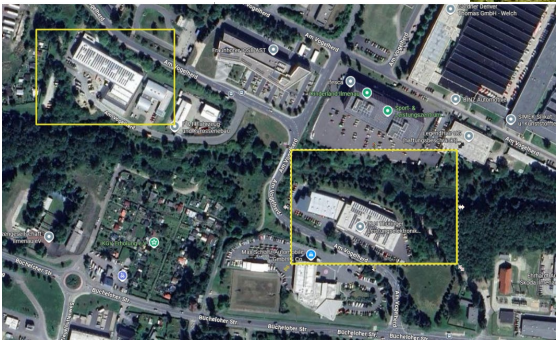
- Wir wurden 2022 gegründet im Rahmen einer Entwicklungspartnerschaft aus Wissenschaft und Industrie
- Wir bündeln Know-how und Erfahrungen mehrerer komplementärer Partnerunternehmen und Organisationen Von Forschung über Engineering bis hin zum Anlagenbau



- Transfer von Forschung in die Industrie



Die Thüringer Leistungselektronik Union



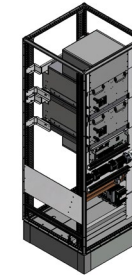
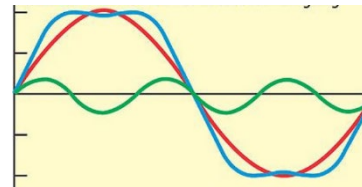
Industrial Power supplies

- Galvanik DC
- Electrolysis / H₂
- Puls sources for PCBs Galvanik
- Plasma sources PVD
- Cataphoresis rectifier
- Crystall growing



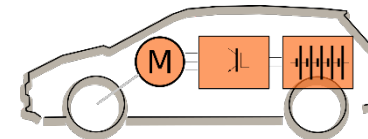
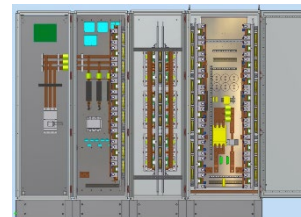
Electric power quality

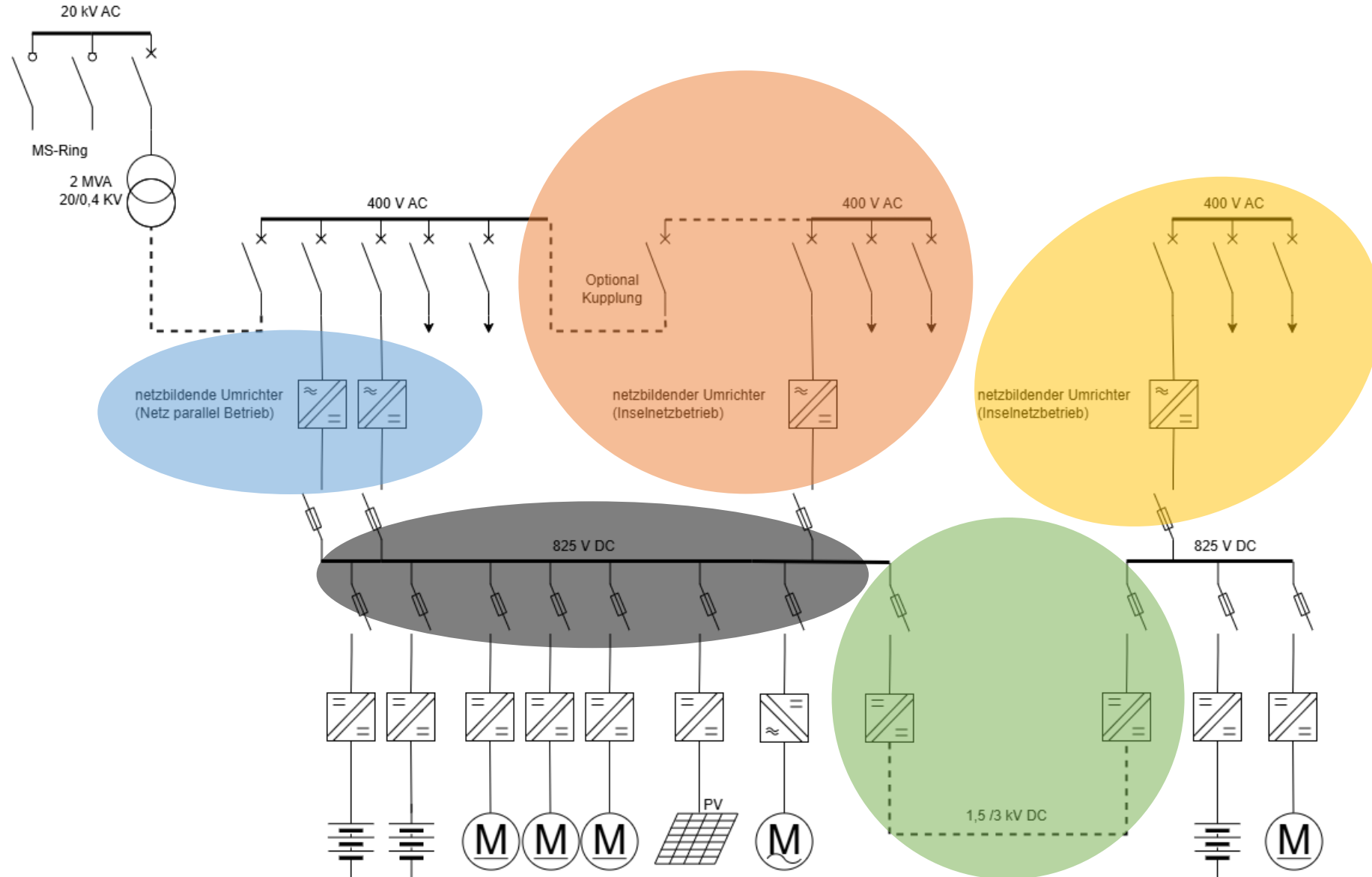
- active filter
- Compensation low voltage grids (Harmonics, Flicker, Fundamental reactive power)

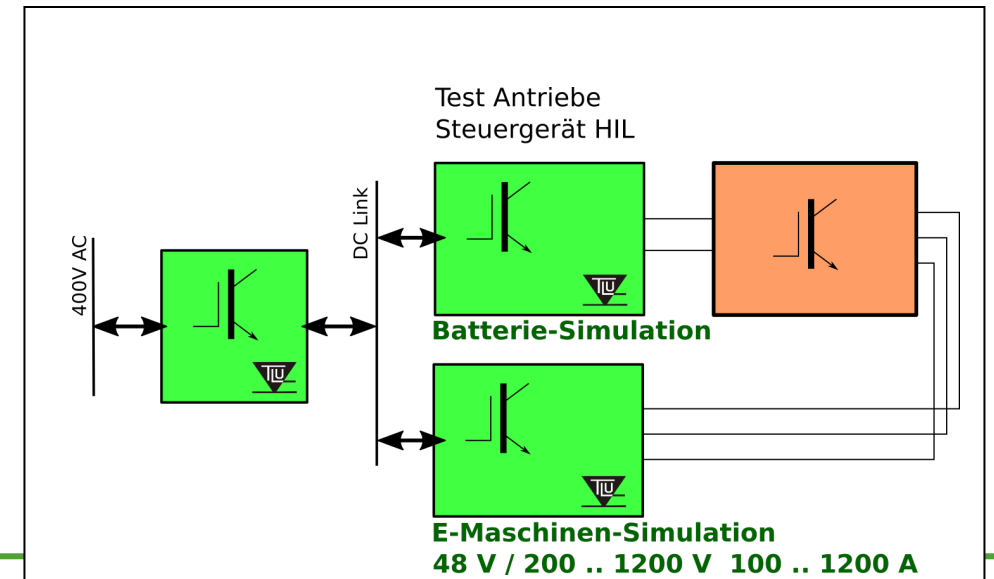
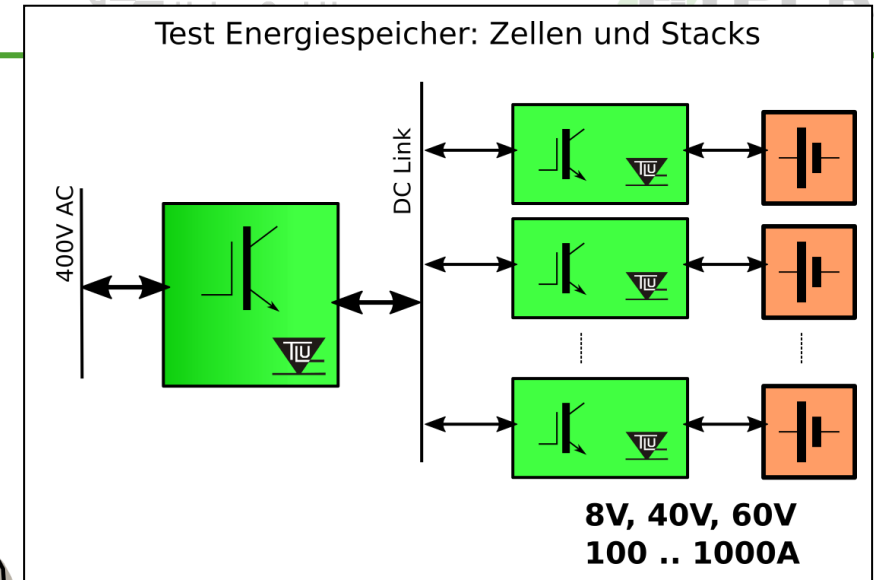
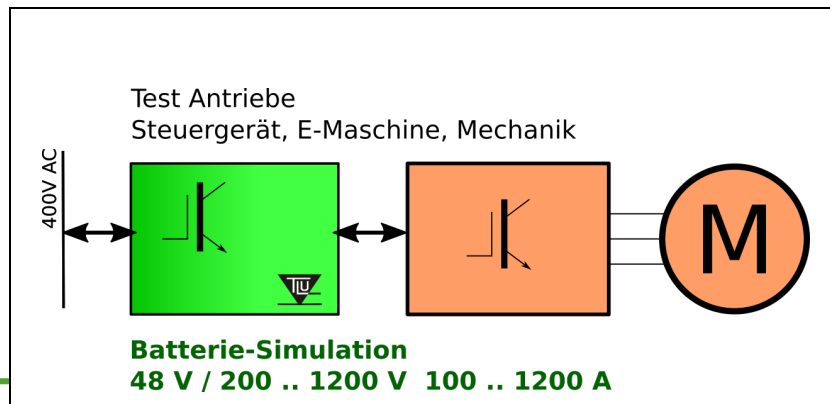
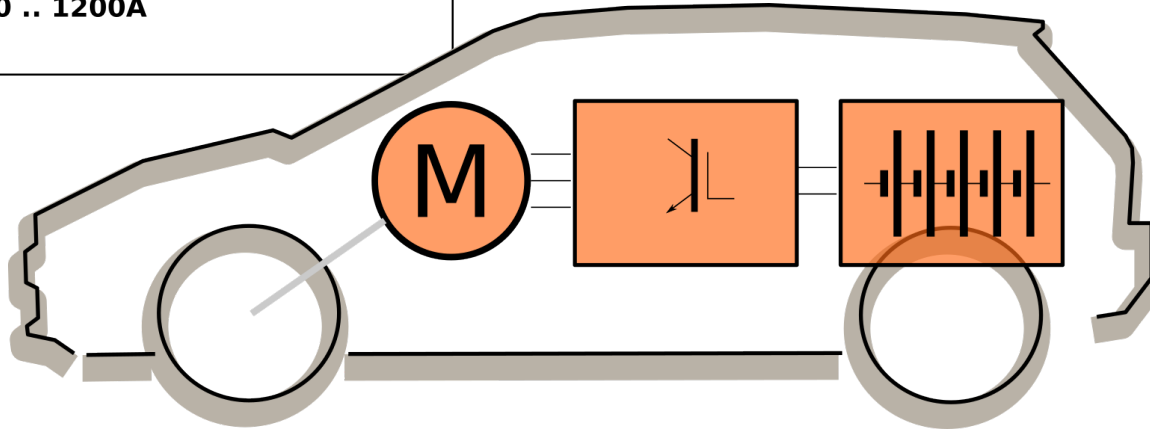
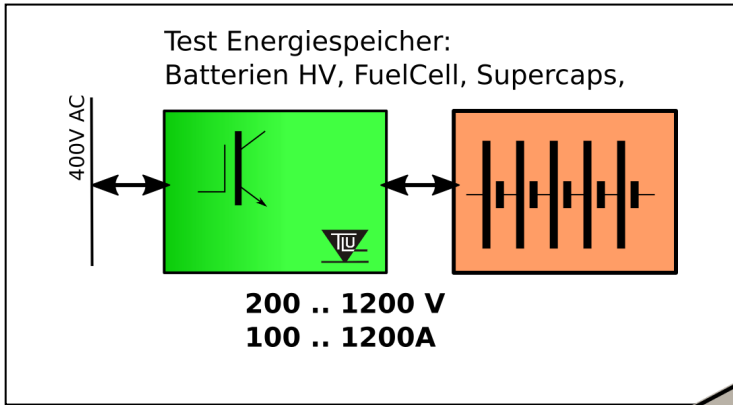


EV Test system [sources and sinks]

- Testsystems for E-storage, traction drives and components]







UWR (AFE, Inverter)

- Active Front End, Netzankopplung zur Zwischenkreisspeisung 250-kW Einheiten

RK (Resonanzkonverter)

- Potenzialtrennung, Spannungsübersetzung ("DC-Transformator")

DCU (RK und DC Steller)

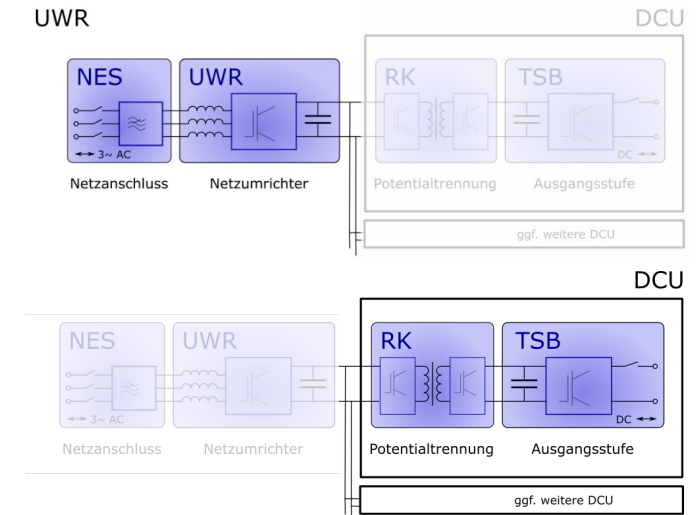
- DC-DC Steller: Potenzialtrennung, Spannungsanpassung, Regelung von Ausgangsgrößen 0..1000V, 0..1500V, 500 kW

BT (RK und DC Steller)

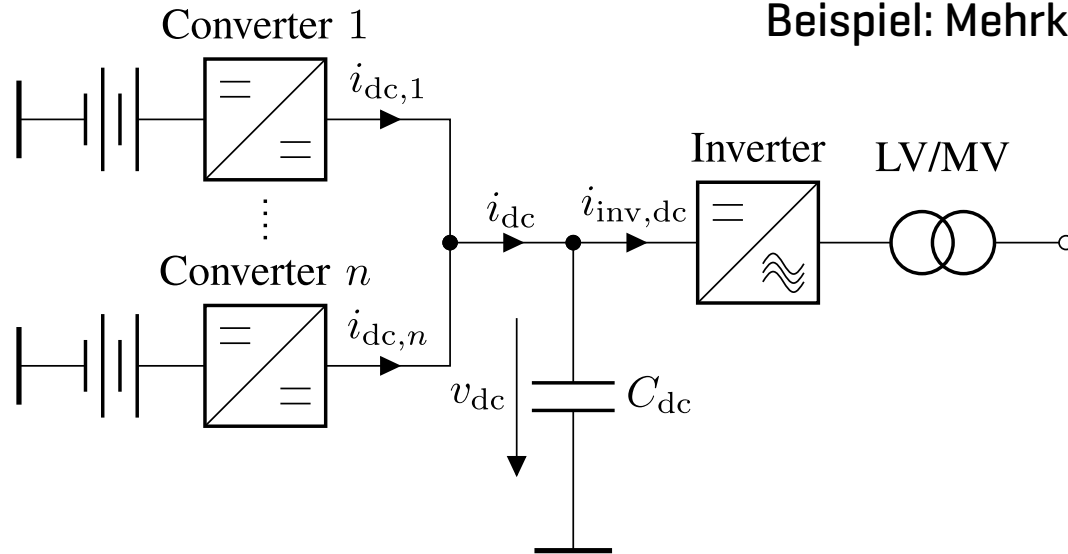
- Zelltester, Funktion wie DCU aber bis 20 kW, 8V/20V/40V/60V

EME (RK und Inverter)

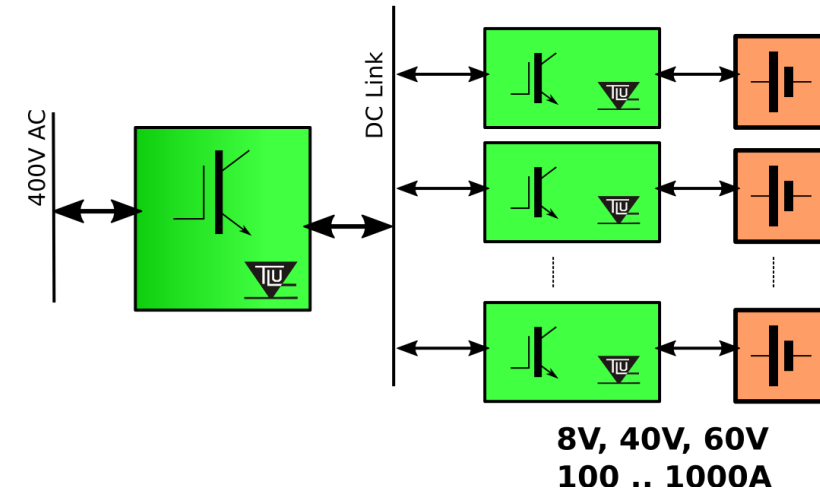
- Potenzialtrennung, Spannungsanpassung, hochdynamischer Wechselrichter [1 μ s Regeltakt], Ausgangsfrequenz bis 5[30] kHz



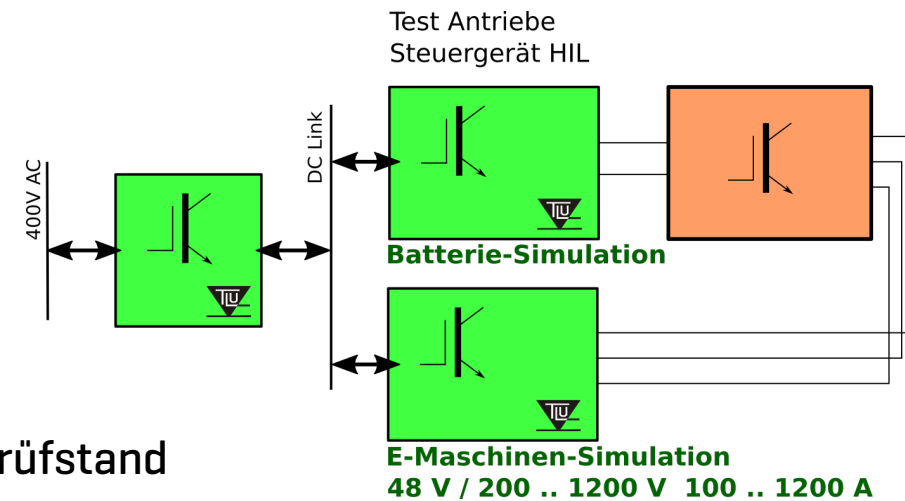
Beispiel: Mehrkanal-Batterietest



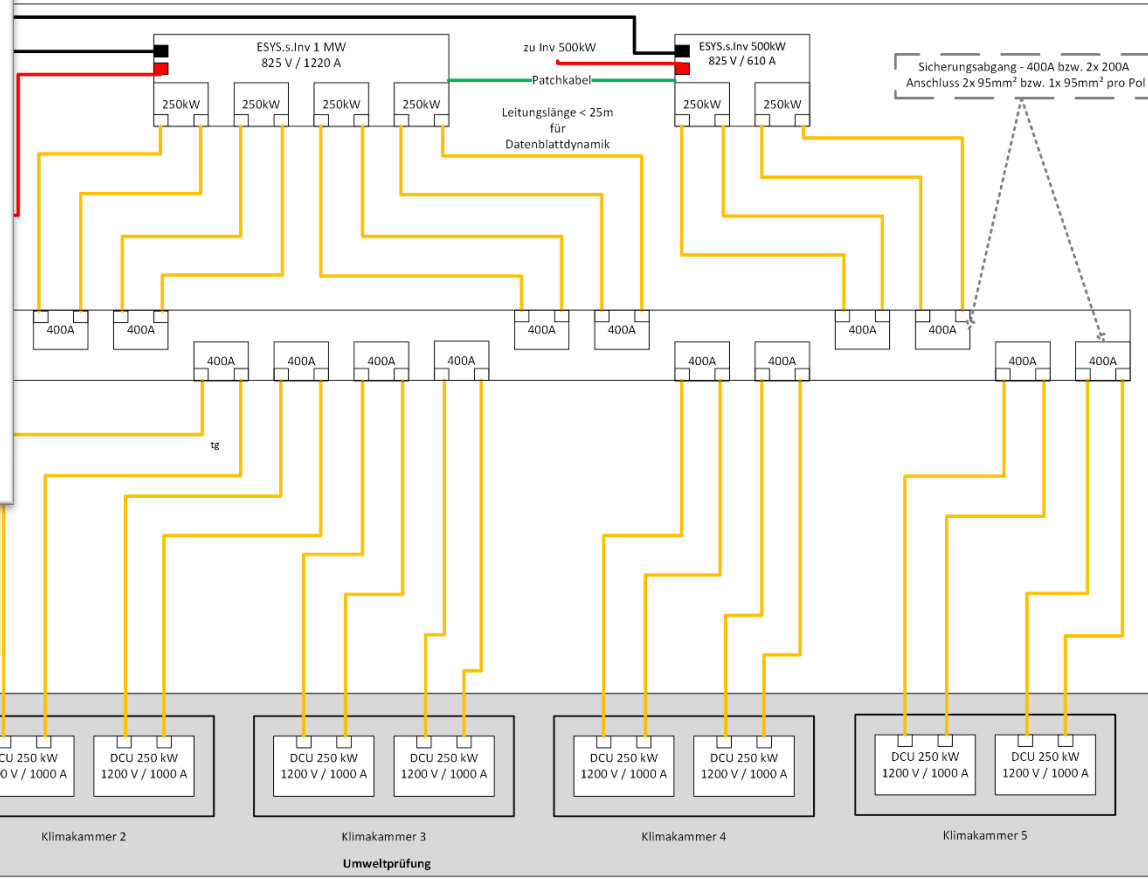
Test Energiespeicher: Zellen und Stacks



Beispiel: Inverterprüfstand



Multipurpose Prüffelder mit diversen Prüfständen für verschiedene Aufgaben



Netzkopplung

DC Verteilung

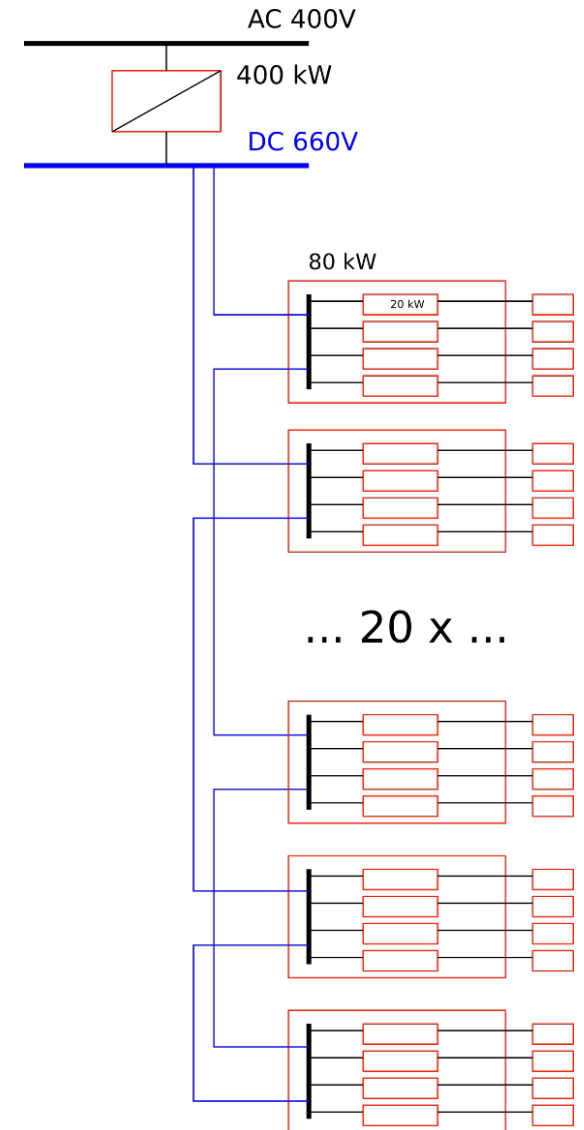
Leitungen

Prüfstände

— Ethernet - CAT7 cable RJ45 — Ethernet - CAT7 cable RJ45 (*) Kundenbeistellung	
Elektrische Schnittstellen	
DCU 250 kW 1200 V / 1000 A	Leistung: 2x 95 mm² / pro Pol Steuerspg. 24V: max. 4mm² Steuerspg. 560V: max. 2,5mm²
ESYS.s.Inv 1 MW 825 V / 1220 A	Leistung: 8x 95 mm² / pro Pol
ESYS.s.Inv 500kW 825 V / 610 A	Leistung: 4x 95 mm² / pro Pol
DC-Verteiler 825 V / 2700 A	Leistung: 95 mm² Steuerspg. 24V: max. 4mm² Steuerspg. 560V: max. 2,5mm²

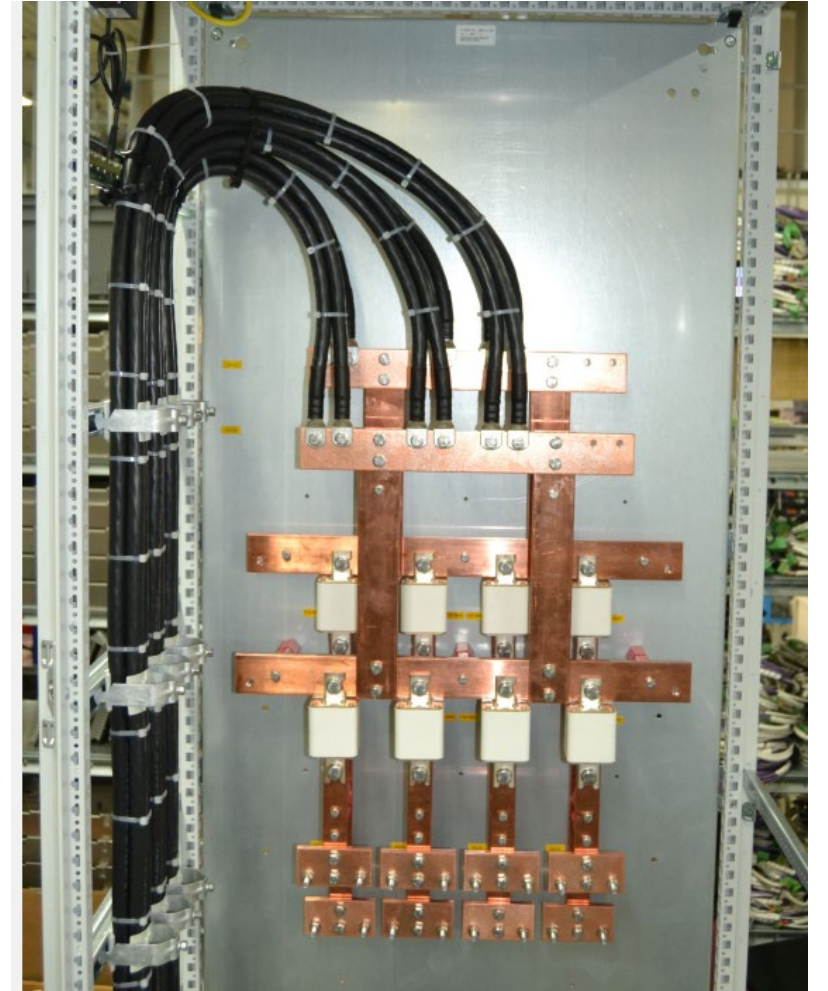
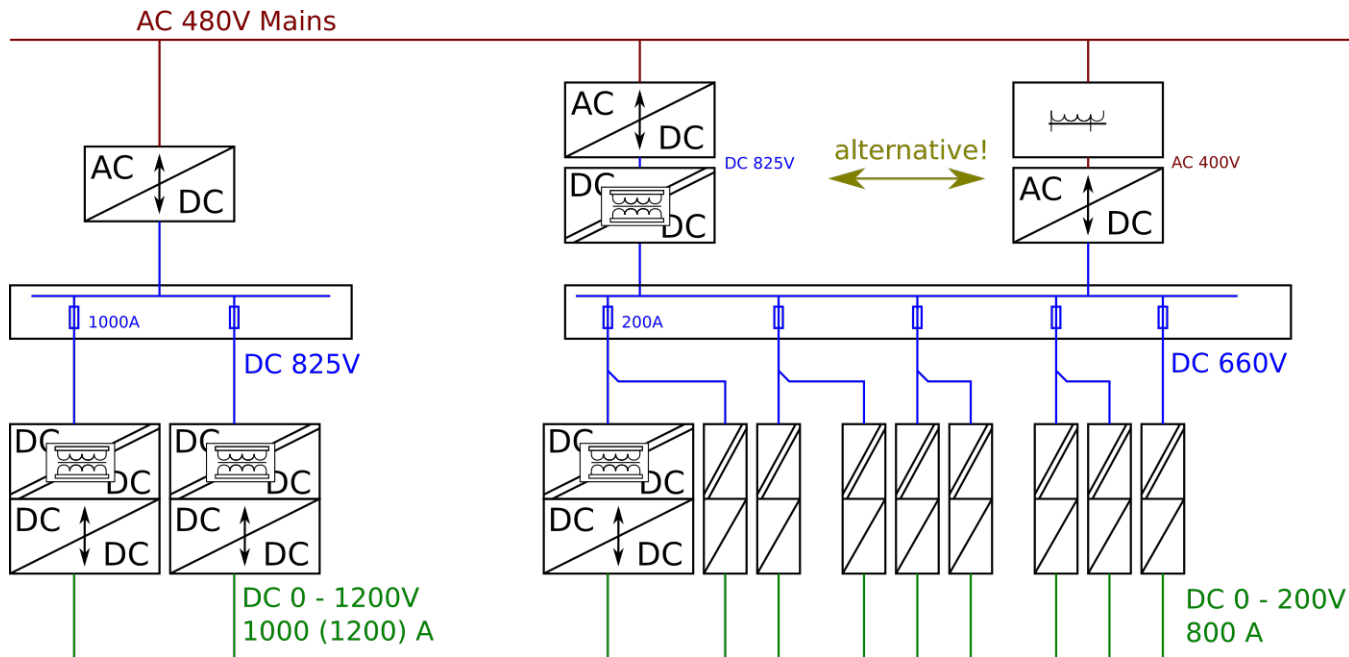
Szenario:

große Prüffelder mit vielen
identischen (Zelltester-)
Kanälen

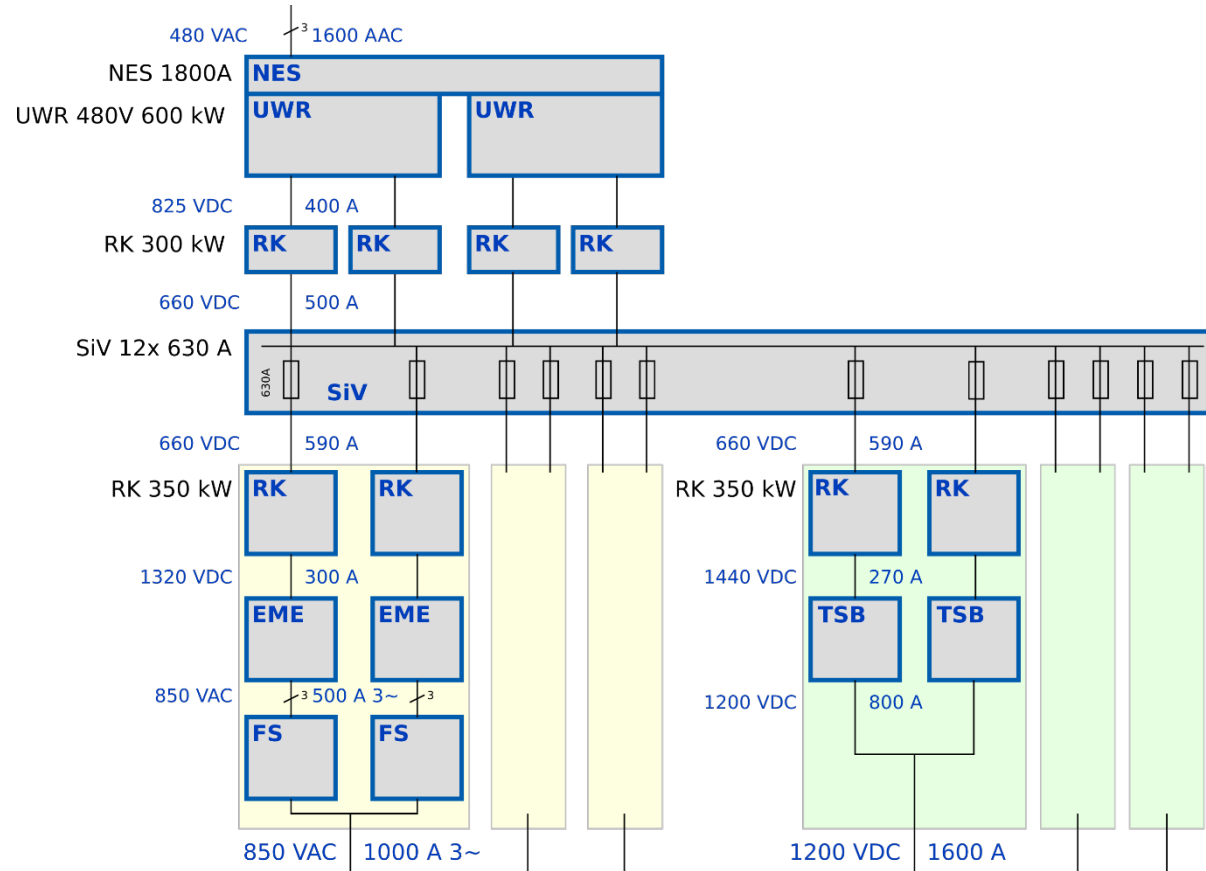


Multipurpose Prüffelder mit diversen
Prüfständen für verschiedene Aufgaben

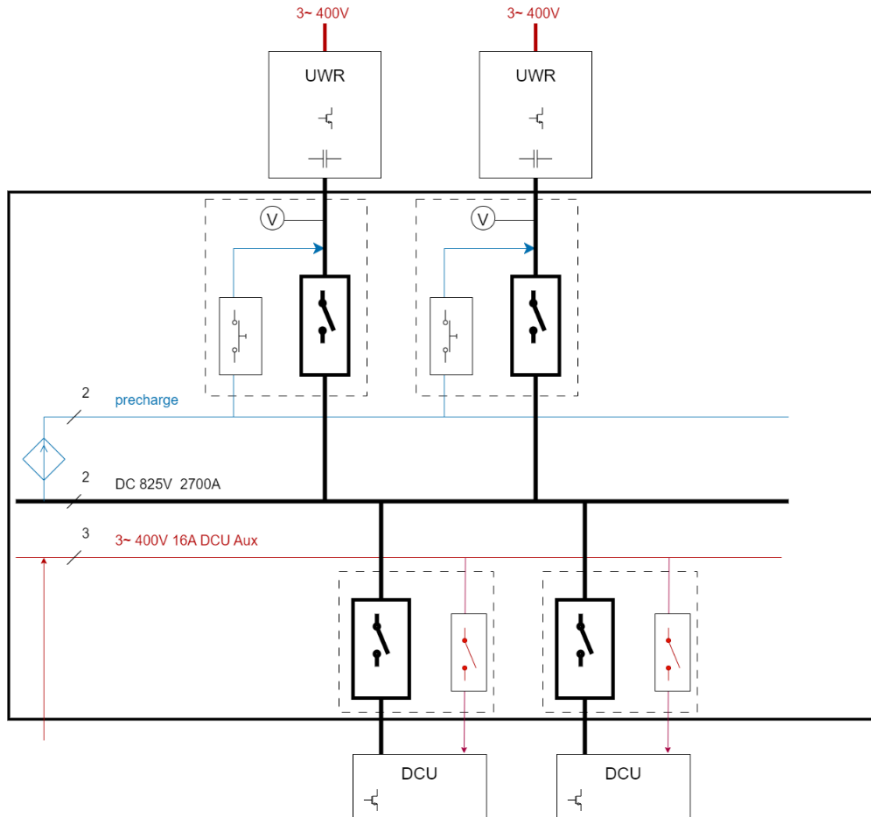
Strahlennetz mit Sicherungsverteilung



Multipurpose Prüffelder mit diversen Prüfständen für verschiedene Aufgaben



DC-Verteiler



DC-Verteiler

Prämisse: unterbrechungsfreier Betrieb

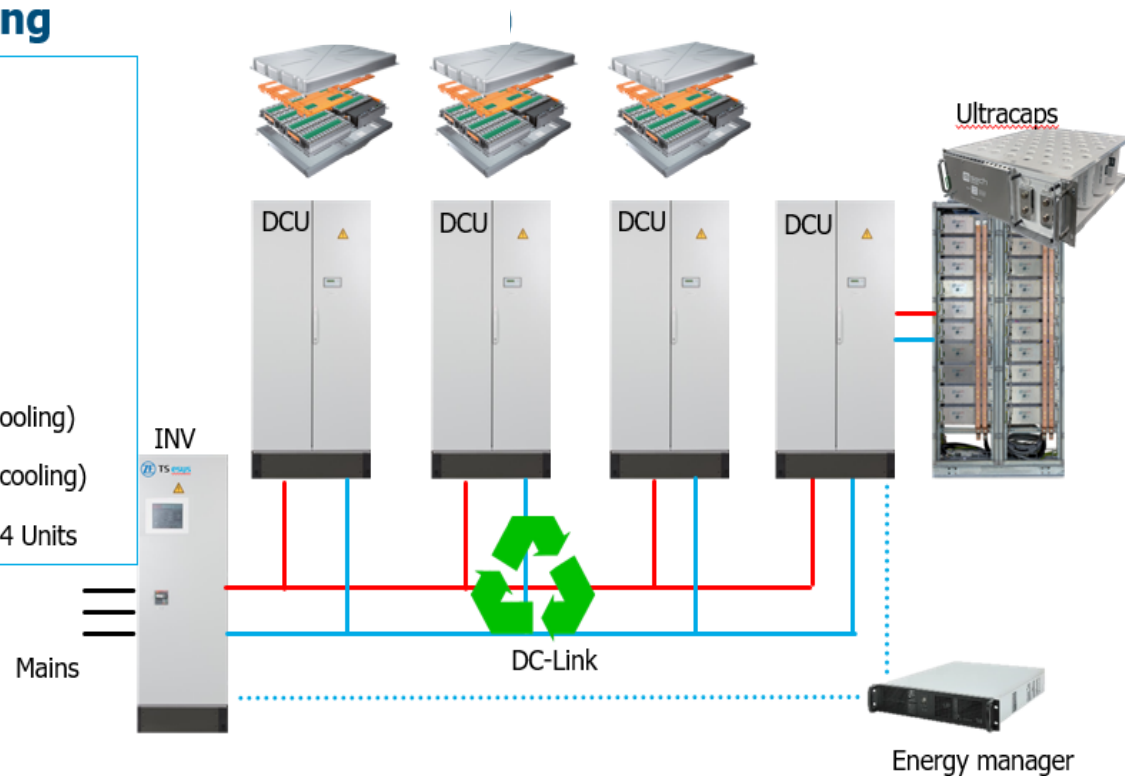
- Freischalten einzelner Lastzweige
- Sicherungswechsel
- Freischalten einzelner Einspeiseweige
- Freischalten und Wiederinbetriebnahme einzelner Einspeiseeinheiten
- Erweiterbarkeit

Einspeisumrichter UWR

- 250 kW Einheiten
- Load Balancing
- variable DC Spannung
- bedarfsgerechter Betrieb durch lastabhängiges Aktivieren der Einheiten

Power buffering

- Avoidance of mains peaks
- Power Saving
- usable energy: $\sim 2.75\text{kWh}$ (500kW/19s)
- Peak power: 600kW
- Continuous power
 - 300 kW (forced air cooling)
 - 150 kW (passive air cooling)
- Parallel connectable: up to 4 Units



Szenario:

Anforderungen Euro7 Abgasnorm
erfordern höhere Bremsleistung,
Netzanschluss kann diese Leistung
nicht liefern

Lösung: Betrieb eines Energiespeichers
am DC Link (hier: SuperCap)

Betriebsregime:

- UWR regelt Spannung auf dem DC Link lastunabhängig
- Energy Manager deckt Lastspitzen durch Ladung oder Entladung des SC

Szenario:

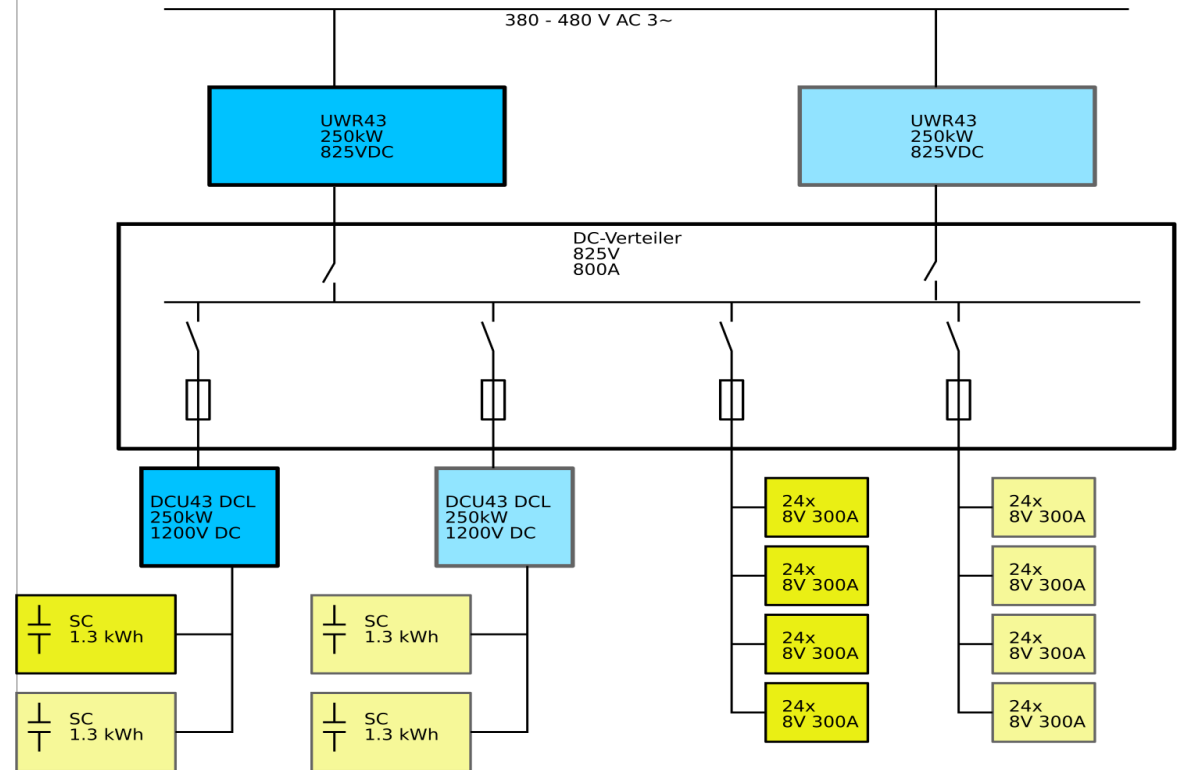
Spannungseinbrüche und
Versorgungsausfälle dürfen
Langzeitprüfungen nicht unterbrechen

- Power Interruption:

- 08-06-2024 - 6 min 35 sec
- 01-01-2025 - 0.7 sec
- 12-03-2025 - 3 min 40 sec

- Voltage dip:

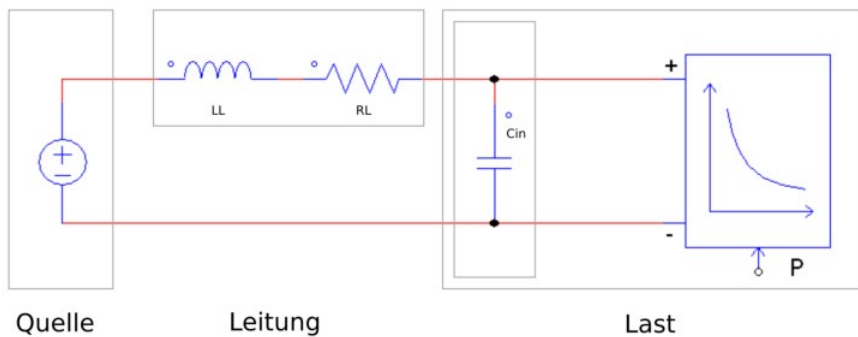
- 10 to 20% : Max down time - 10 min; frequency - 2 times
- 10 to 20% : Max down time - 8 min; frequency - 1 time
- 10 to 20% : Max down time - 3 min; frequency - 2 times
- 10 to 20% : Max down time - 1 min; frequency - 4 times
- 20 to 30% : Max down time - 3 min; frequency - 2 times
- 30 to 40% : Max down time - 8 sec; frequency - 1 times
- 40 to 50% : Max down time - 80 to 400 msec; frequency - 4 times
- 50 to 55% : Max down time - 80 to 120 msec; frequency - 2 times



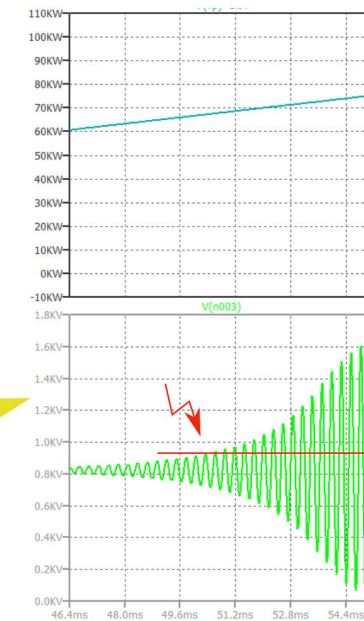
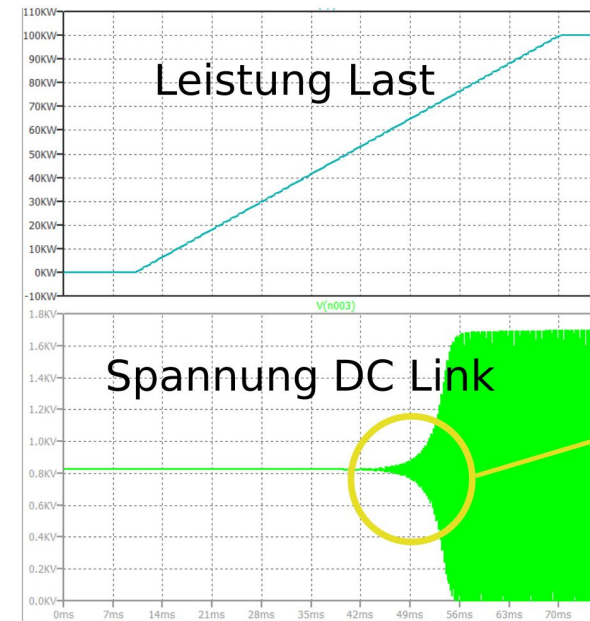
DC Spannungsregelung geht bei
Netzunterbrechung vom UWR auf den DCU
über

minimales DC-„Netz“:

Quelle [UWR] – Leitung – Verbraucher [DCU]



- bildet Schwingkreis
- wenig bedämpft
- angeregt durch *constant power load* [CPL]



stabilisierend	destabilisierend
hohe Systemspannung	
Leitungswiderstand RL (gering)	Leitungsinduktivität LL
Verluste im Umrichter	Momentanleistung der Last
große Eingangskapazität	aggressives Regelungsverhalten der Last

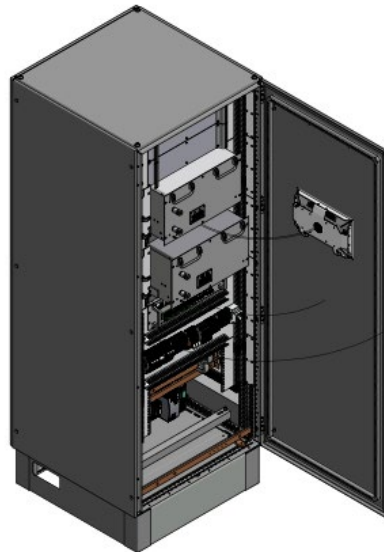
Prüfstand- UWR

nur Wirkleistung
Harmonische = 0
Blindleistung = 0
Load balancing



Aktive Filter

Blindleistung
Harmonische bis 50



HYBKomp 2 – AFE

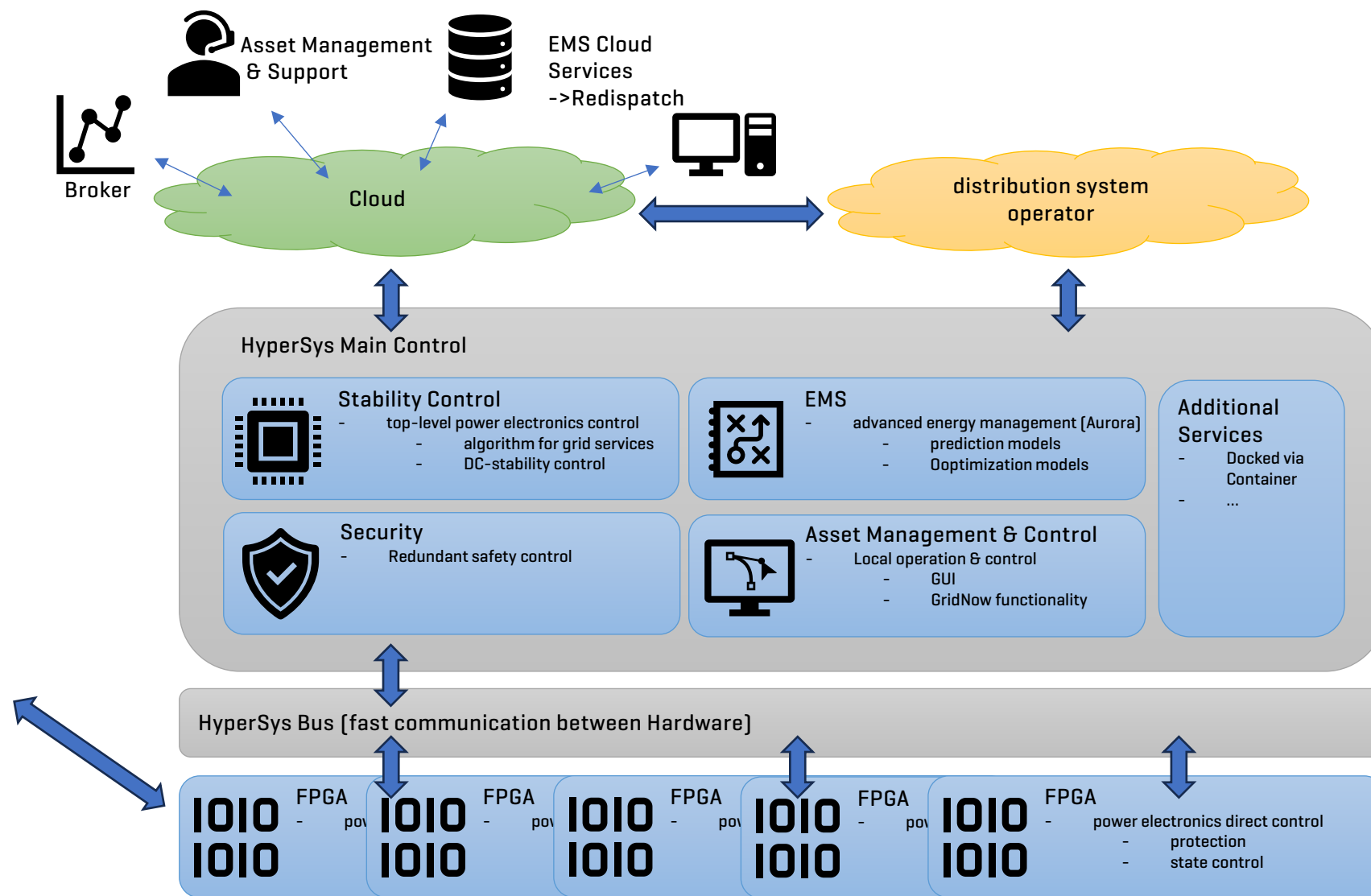
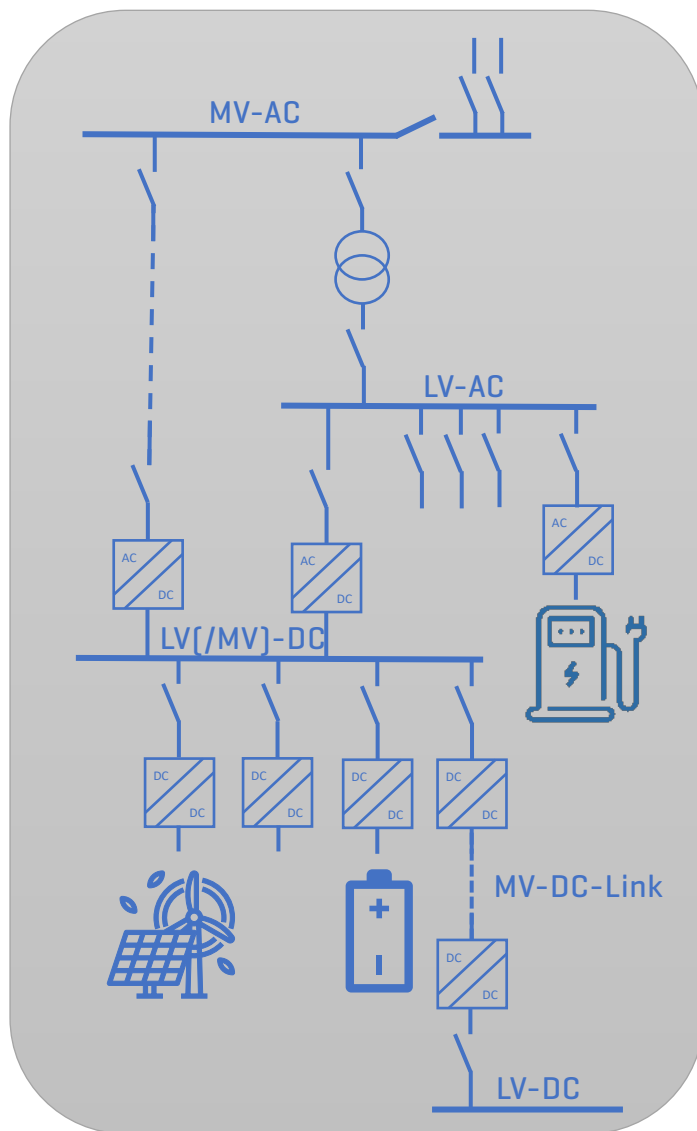
netzbildender AFE für DC Netze

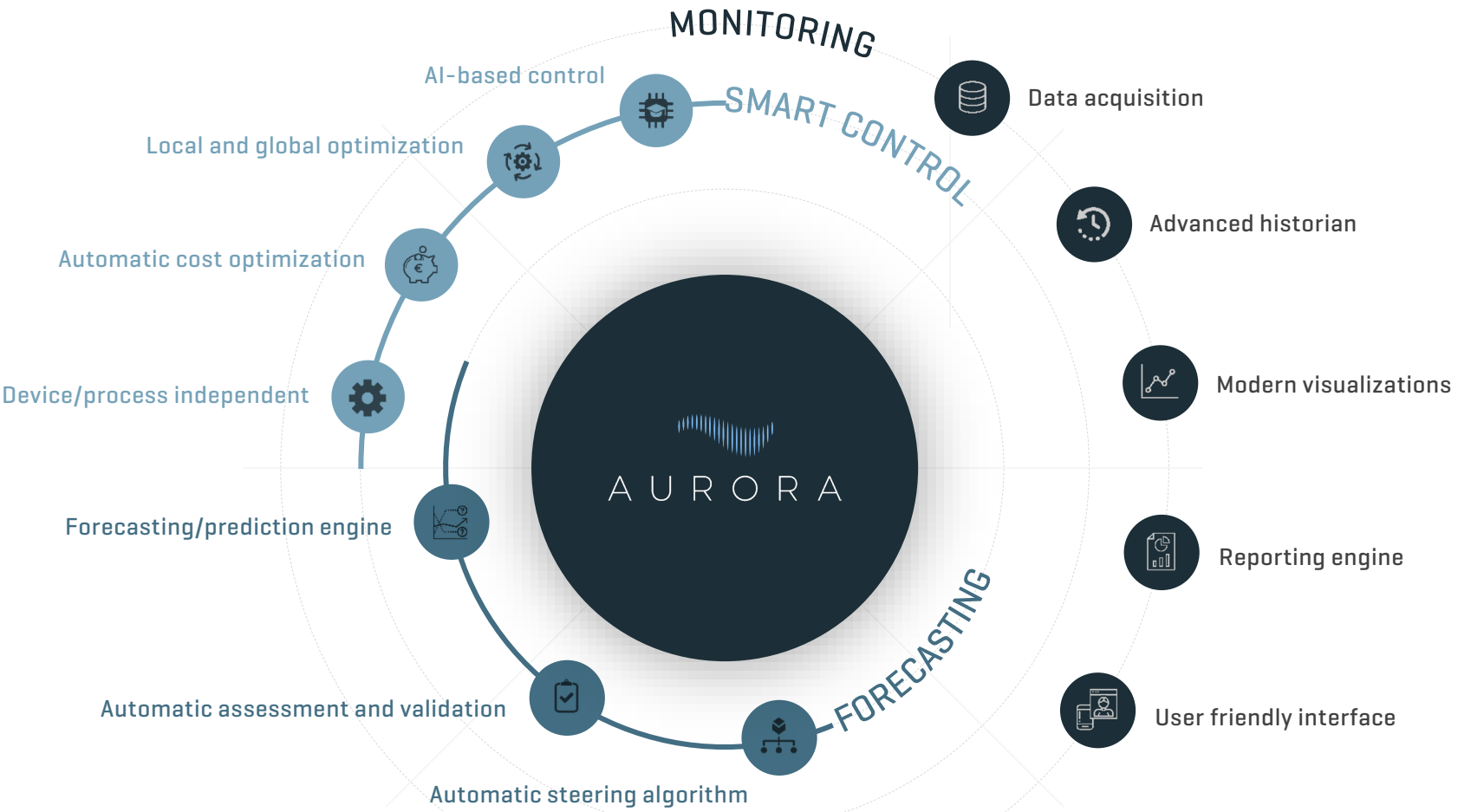
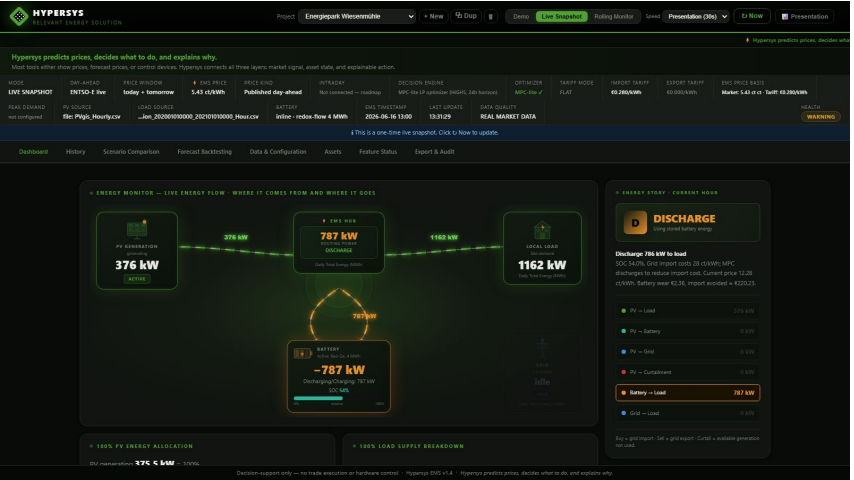
DC-Spannungsregelung
DC-Lastflussregelung

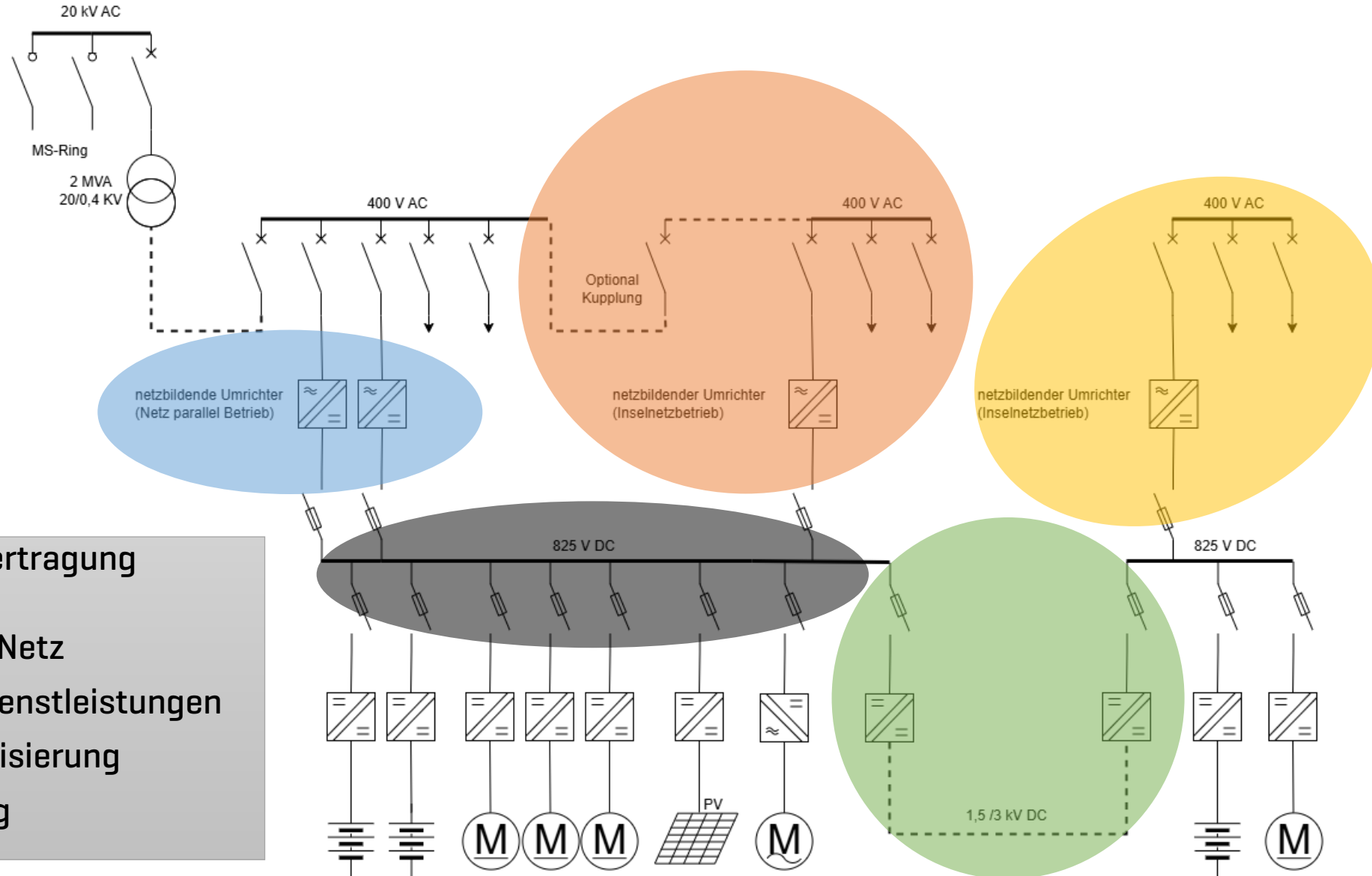
netzdienliche Leistungen für das AC Netz
(Stützung der AC Netzstabilität)

- Wirk- und Blindleistungsbeitrag bei Netzstörungen
- Bereitstellung von Blindleistung
- Quelle/Senke für Harmonische
- Integration in die Netzbetriebsführung

Inselnetzfähigkeit, 4L Ausführung
Synchronisation auf wiederkehrendes Netz



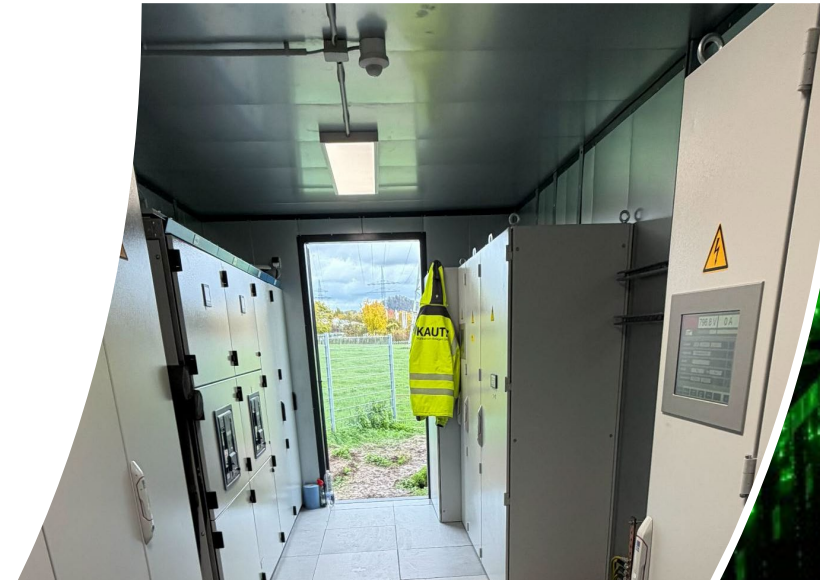
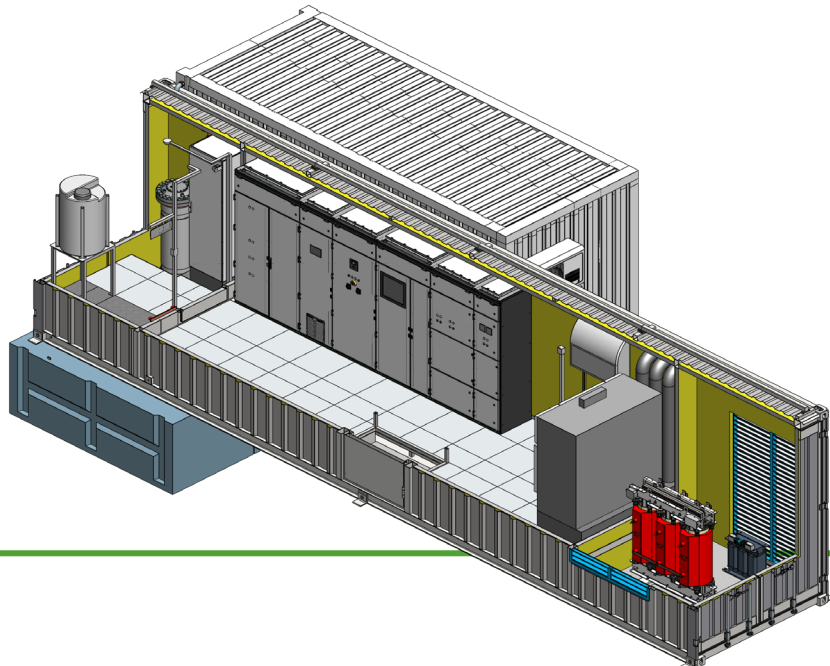




- Leistungsübertragung [DC-Link]
- autarkes AC-Netz
- AC-Systemdienstleistungen
- RE-Synchronisierung
- DC-Verteilung

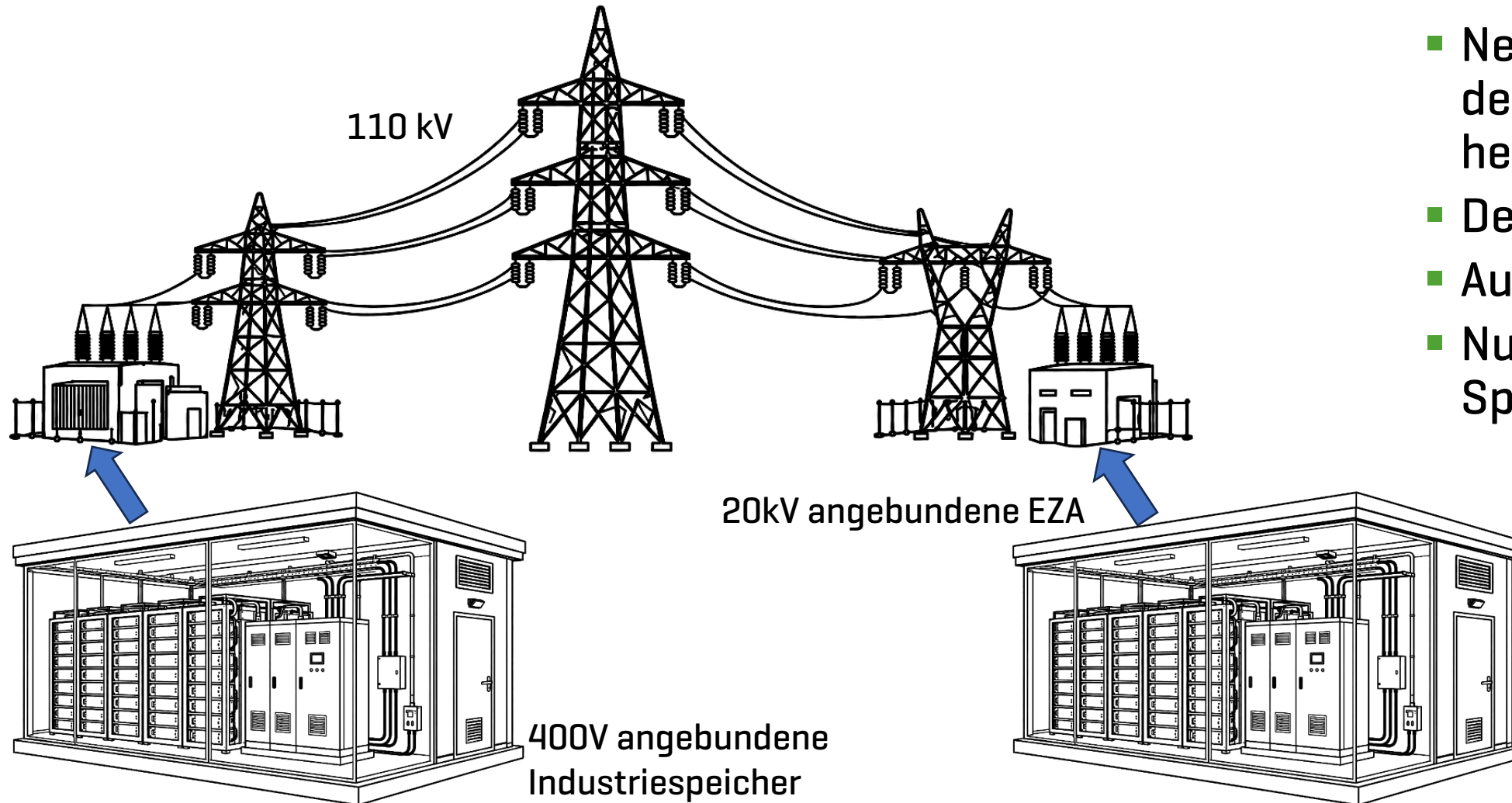
■ HYBKomp 2, Forschungsprojekt des BMWK

- Erbringung von Systemdienstleistungen
- Integration von unterschiedlichen Erzeugern & Verbrauchern
- Loadmanagement
- Netzbildung
- DC-Netzstabilität



■ Zielstellung:

- Netzstützung aus dem Verteilnetz heraus
- Dezentraler Aufbau
- Autonome Inverter
- Nutzen vorhandener Speicher & Erzeuger



Lassen Sie uns gemeinsam
den nächsten Schritt gehen!

Vielen Danke

