

Bericht

CIRED 2021 Session 3

Betrieb, Steuerung und Schutz

Abart Andreas, Ignaz Hübl – NetzOOE/OVE, Rapporteurs Session 3

- **Betrieb**

TSO/DSO Interaktion, Work Force – und Notfall management, Wartung & Instandhaltung, Prognose und Lastmanagement, Verteilnetzmanagement

- **Steuerung**

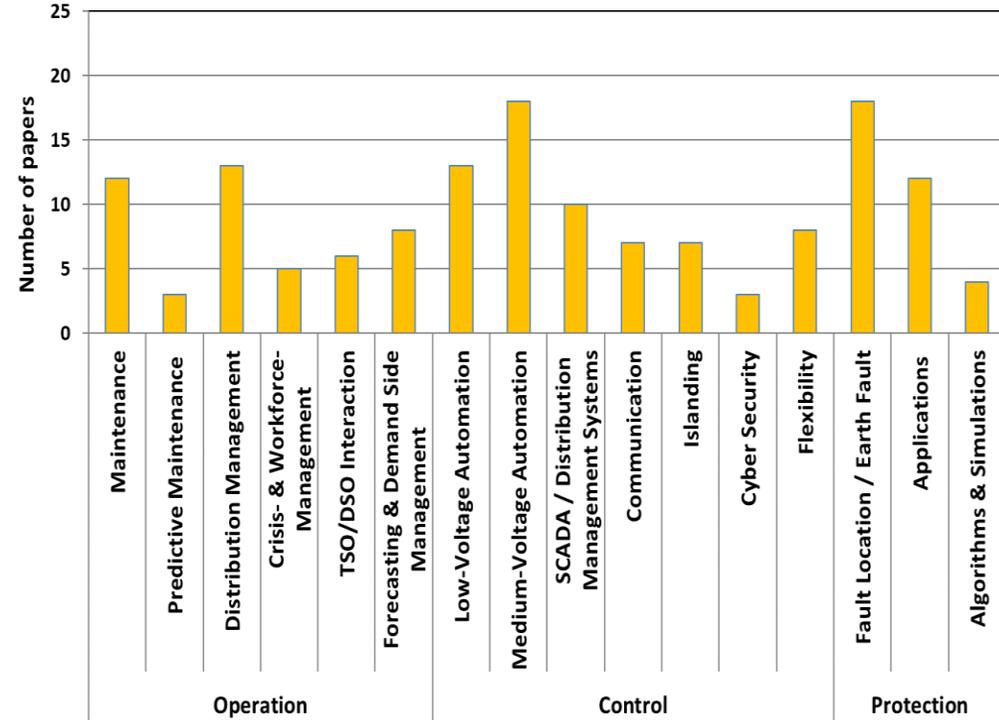
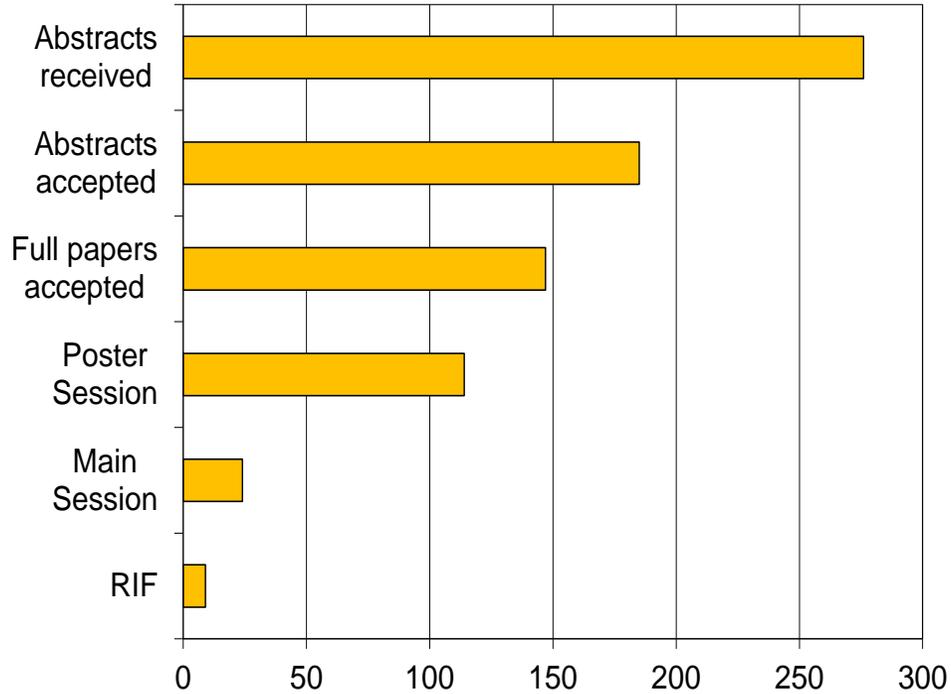
Kommunikation, Cyber-Sicherheit, SCADA, Flexibilität, Inselbetrieb MS und NS
Automatisierung

- **Schutz**

Fehlerortung, Erdschluss, Schutzanwendungen, Algorithmen und Simulationen

Prof. Markus Zdrallek
Carsten Boese
Ignaz Hübl
Andreas Abart

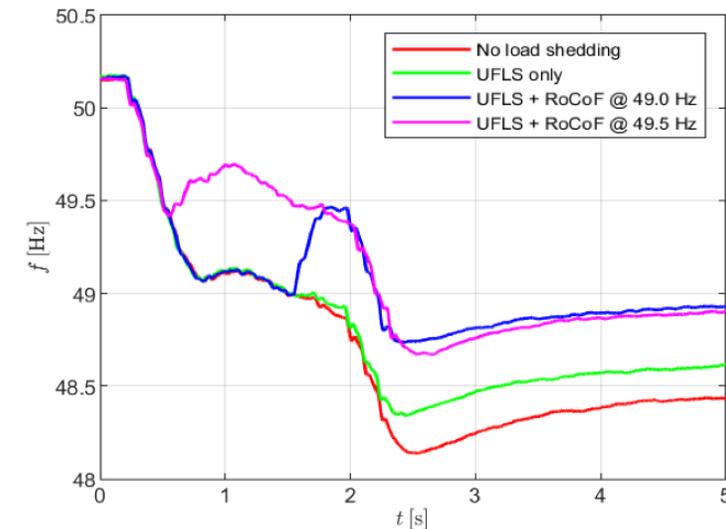
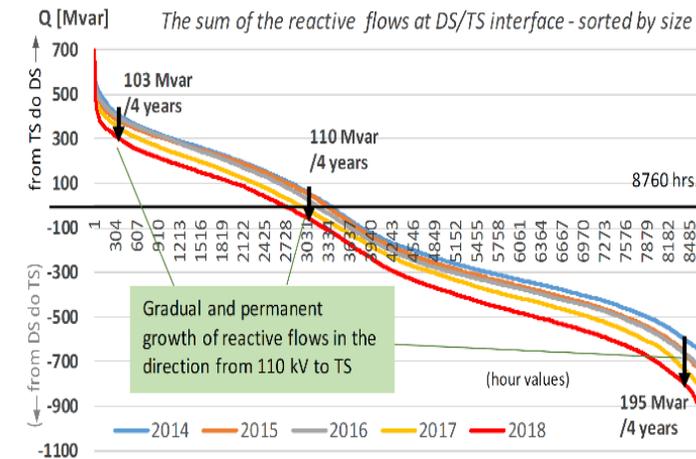




RIF3: Research and Innovation Forum, **RT7:** Communication in Substations ,
RT8: Monitoring and control of LV Networks; **RT10:** Microgrids Toward a Symbiosis Between DSO and Microgrids

- Spannungsregelungen und automatische Topologieanpassung in Niederspannungsnetzen
- Netzberechnung ohne Modellierung aus Smart Meter Daten
- Blindleistungsmanagement und Spannungsregelung in Mittel- und Niederspannungsnetzen
- Rolle der Inverter (Grid following - Grid forming) für die Netzstabilität
- Netzwiederaufbau mit dezentralen Erneuerbaren
- Leiterunterbrechung im Hochspannungsnetz
- Aggregierte Flexibilitäten

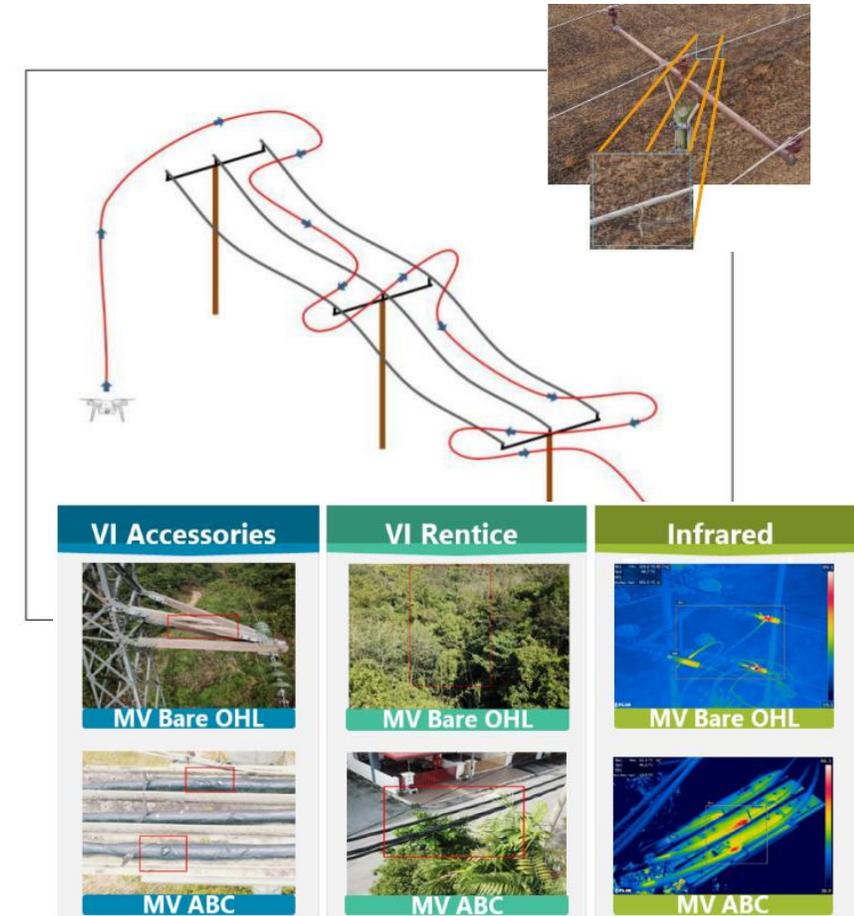
- **Blindleistung:** wachsender Bedarf in allen Ebenen – Möglichkeiten der Erzeugung in MS/NS (bis zu +32% über Transformatoren) – Lastflussoptimierung [0699, 0770, 0521]
- **Frequenzhaltung:** Zunehmende CIG (Converter Interfaced Generation) bedeutet fehlende rotierende Masse
UFLS Under Frequency Load Shedding – HIL Tests => RoCoF basierter Ansatz muss bei idealer Frequenz eingesetzt werden [0140]
- **Flexibilität:** wird in Zukunft vor allem dezentral durch DSR (Demand Side Response) erwartet [0889]



- **AR-Training Tool** – für schwere Störfälle wie z.B. UW-Brand [0093]
- **Störungen:** Vorhersage von Wetterereignissen und Ereignissen – aufbauend auf vorangegangene Berichte [0900, 0145]
- **WFM:** Flexible Einsatzteams & Routenplanung kann Zeit und Fahrstrecken sparen [0345]
- **Mobile Ersatzstromversorgung** sichere GS, WS für Wartungsarbeiten an Stationen [1061]

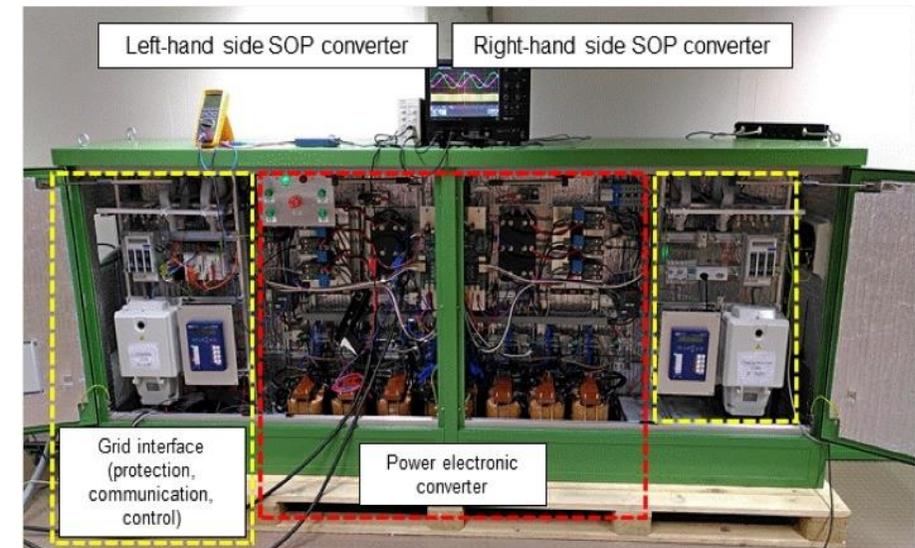


- **AR Tools** für Training, Wartung und Leitungsortung zeigen zunehmend Einsatztauglichkeit – Digital TWIN vorausgesetzt [0773, 0093, 0494, 0394, 0946, 1070]
- **Inspektion** von Freileitungen mittels Drohnen & künstlicher Intelligenz [0007, 1114, 0638, 0716, 1016]
- **Optimierter Betriebsplanung** für Wartungsarbeiten zur Reduktion geplanter Abschaltungen [1028]
- **Funktionskleidung** & Bodycam zur Überwachung der Körperfunktionen & Arbeitsvorgänge => Unfallverhütung durch Aufzeigen von Beinahe-Ereignissen [1066]
- **Predictive Maintenance:** Analyse von Wanderwellen [0186,0194]
- **Zustandsbeurteilung Hochspannungskabel** durch Teilentladungsmessung [0866]

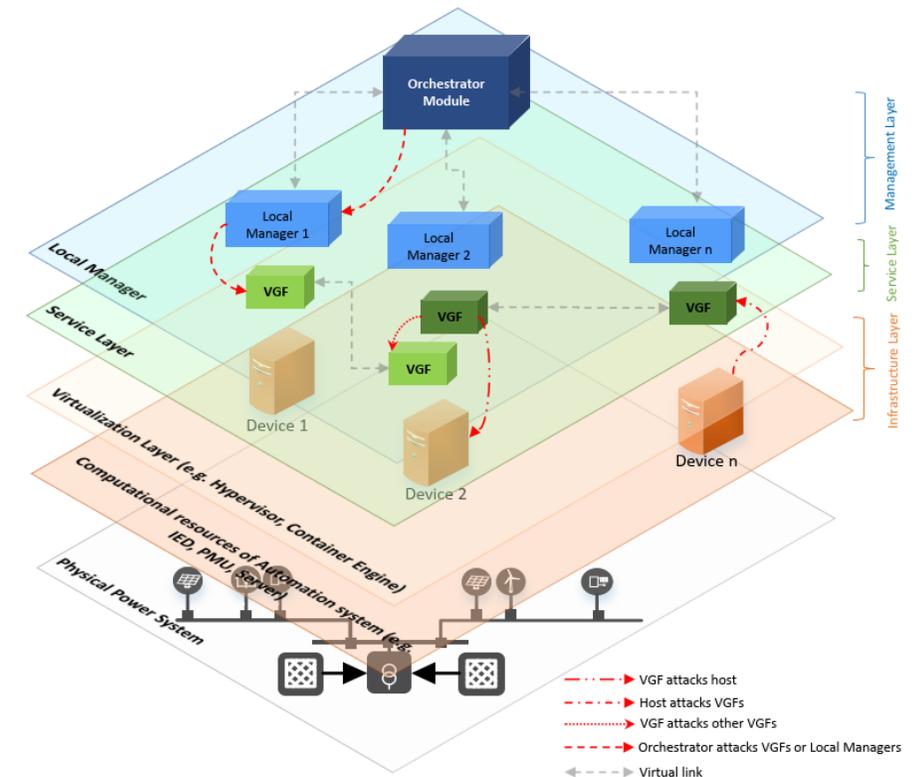


- **Netzführung der Zukunft:** Betriebsplanung Day Ahead & Realtime in DSO HS/MS mit zunehmender Anzahl von Messwerten=> wachsende Anforderungen an Personal & Technik (OIT / SCADA / Daten) [0004]
- Installationen für **Digitalisierung** Verteilnetz [0570, 0533]
- **Thermal Rating** – zunehmende Ausreizung der Hochspannungsnetze mit Echtzeitsensorik [0925, 0964]
- **Microgrids:** CIRED Working group 2018-03 s.a. RT10
Beiträge zeigen auf, dass es sehr viel Publiziertes gibt, jedoch noch viele Fragen offen sind [0704, 0786, 1072]

- **Niederspannungs-Netze mit SOP**
automatische Topologieanpassung [0006]
- **Lastprognosen** – Maschinelles Lernen
im Vordergrund [0536, 0255]
- **Microgrids:** CIRED Working group 2018-03 (s.a. RT10)
Report & Beiträge zeigen auf, dass es sehr viel Publiziertes gibt, jedoch noch viele Fragen offen sind [0704]



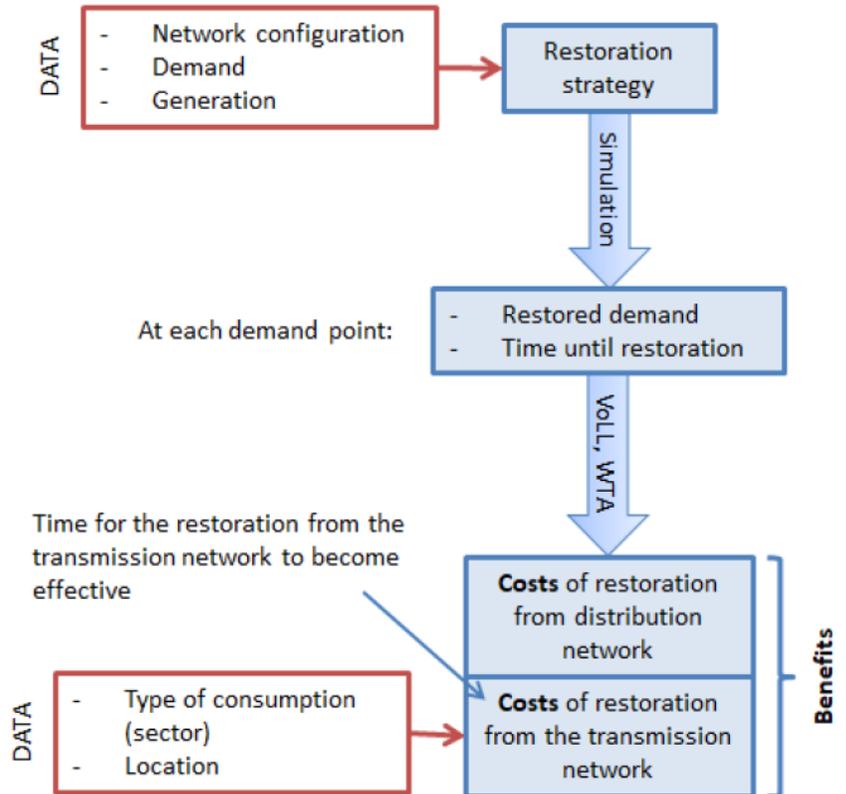
- **Aktive Netznutzer** im CPES (Cyber Physical Energy System): zusätzliche Akteure, eingebunden über virtuelle Layer bedeuten ein erhöhtes Risiko hinsichtlich Cyber-Angriffen
- **Cyber Angriff Erkennung:** Maschinelles Lernen um aus Datenverkehrs- und Prozessverhalten Abweichungen zu erkennen und anzuzeigen.
- **Sichere Schnittstellen:** Daten- und Informationsaustausch erfordern sichere Verbindungen, müssen aber jegliche andere Verbindungsnutzung ausschließen. Entscheidend ist das Management in IT/OT Systemen (LDAP/RADIUS)



VGF – Virtual Grid Function

- **Protokolle:** SNMP & IEC 61850 in SCADA Anwendungen – im speziellen IEC 61850 via öffentliches Telekom-Netz bis hin zu zentralen Schutzfunktionen
- **Interoperabilität** IEDs
- **5G** Erfahrungen: Netzbetrieb mit Fehlererkennung und Ortung möglich, aber noch Verbesserungsbedarf ; **4G/LTE** als geeignete Kommunikation in entlegene Gebieten
- **SCADA: Wachsende Anforderungen an Performance** Funktionen (z.B. OPF Netzzuverlässigkeitsprüfung – inkl. DTR (Dynamic Thermal Rating) und Stabilität in Netzen mit hoher Einspeisung aus Invertern
- **SCADA Resilienz** durch redundantes SCADA via Cloud
- **Optimierte Datenpräsentation** zur Störungsanalyse - KI basierte Bewertung von **Event-Meldungen** – nur wichtige Arlarme sollen angezeigt werden

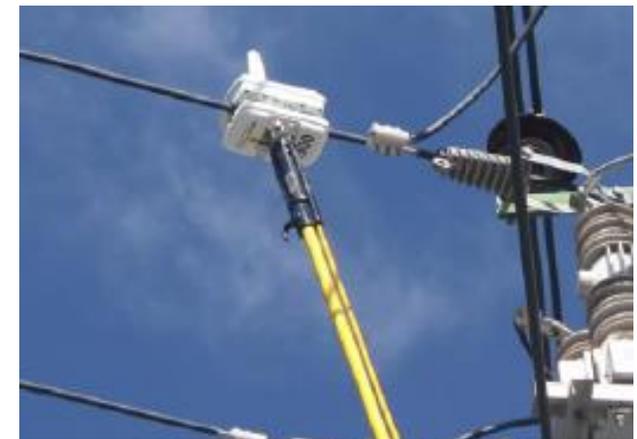
- **Schwarzstart** ↔ **Temporäre Inselversorgung**
- => Beides – vorzeitige Wiederversorgung aus Verteilnetzinseln kann bei längerandauernden Ausfall des Übertragungsnetzes erhebliche Schäden vermeiden.
- **Inverterbasierte Anlagen** sind meist Stromquellen => Grid following – sollten bei hohem Anteil aber besser Spannungsquellen sein => Grid forming
- **Operative Netzplanung** für untere Netzebenen ist sehr hilfreich für den Betrieb von Verteilnetzinseln



[0196, 0782, 0827, 0563, 0844, 0577, 0958]

- CIRED WG 2019-5 Anforderungen für Monitoring und Steuerung von Niederspannungsnetzen
- Spannungsregelung im Niederspannungsnetz RONT, Q(U), P(U)
- Geschichte der Mittelspannungsautomatisierung seit 1980
- Spannungsregelung Mittelspannung – Messwertübertragung bei Fernregelung, lokale Regelung mit Invertern
- State Estimation, Maschinelles Lernen als Alternative zur Echtzeitregelung
- Automatische Topologieerkennung und -optimierung

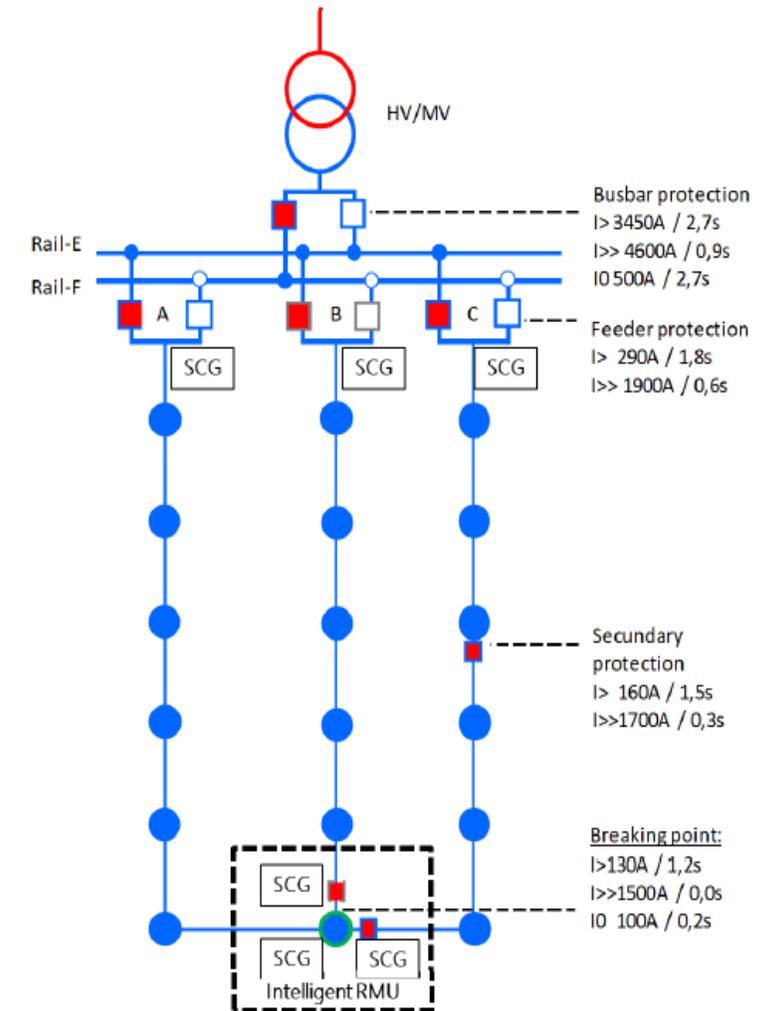
- **Lichtbogenimpedanz** Kurzschluss teilweise induktiv [0003]
- **Genauere Untersuchung des Löschverhaltens** von Erdschluss-Lichtbögen im OÖ Verteilnetz (Verschiedene Größen, Kompensationen und Oberschwingungsanteile) [0608]
- **Erdschlussortung in gelöschten 20-kV- und 110-kV-Netzen** durch Analyse des Ladevorgangs bei Erdschlusseintritt möglich. [0600]
- **MS Netze:** Erfolgreiche **ES-Ortung** mit Leitungssensoren [0732] (10 kOhm/400 mA); **Einpolige Erdung** statt AWE [0455]; Sektionalisierung durch MS/MS Trenntransformatoren [0502]
- Gelöschte **MS Netze** mit wachsendem Kabelanteil und langen Abzweigen: **Dezentrale Löserspulen** sind geeignet – Die zusätzlich thermische Belastung durch den induktiven Strom sollte durch begrenzte Größe der Spulen limitiert werden. [0936]



- Labortests betreffend **Multifrequenzeinspeisung zur Abstimmung** der Petersen-Spule im Feld bestätigt [253]
- **DC UPS – Netze** – Isolationsfehlerortung durch Summenstrommessung bei Erdung des fehlerbehafteten Pols [0894]
- **Bedeutung der schnellen Transienten in der Fehlerortung** nimmt für sämtliche Fehlerklassen und Leitungsarten zu. [0600, 0420]
- Weiterentwicklungen der **Kabelfehlerortung** TDR sind vielversprechend (**Time Domain Reflectometry**) [0420]
- **Niederspannungsnetz – Fehlererkennung durch Smart-Meter** Leiterbruch, hochohmige Fehler etc. [1074]

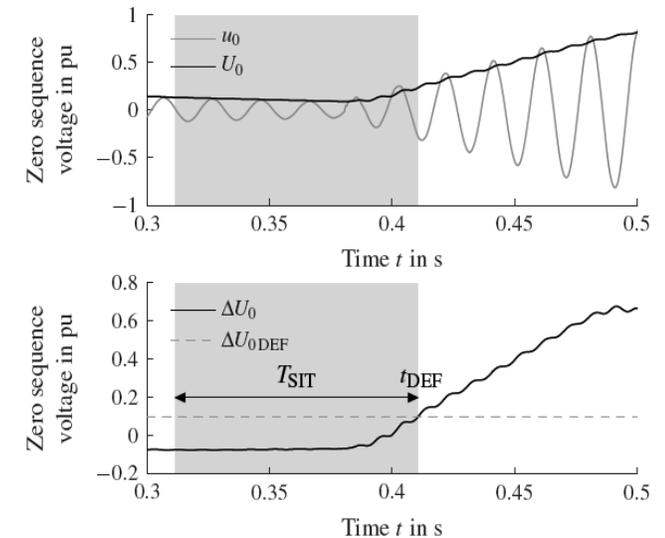
- **Mehrfache Redundanz** ohne erhöhten Datenverkehr [1135]
- **Monitoring, Selbstüberwachung** [0974]
- **Erweiterungen** hinsichtlich Automatisierung, Steuerung und Schutz mit 61850 File Format [1130]
- **Zentralisierung** von Monitoring und Schutzfunktionen – parallele Streams (61850-9-2) von Datenpunkten/Ausprägungen [0628]
- **5G** zeigt vielversprechendes Verhalten bei Schutz- und Automatisierung mit Echtzeitanforderungen [0334]

- **Differentialschutzprüfung** Analog & Digital im Mix und verschiedene Hersteller =>Performance Mängel [0686]
- **Fehlauslösung** auf parallel-Kabel wegen **magnetischer Einkopplung** [0236]
- **Geschlossener Mittelspannungsring** mit iRMU (intelligent Ring Main Unit) und SCG Smart Cable Guard [0862]
- **Paradigmenwechsel: Plug and Play (PnP) Schutz** in MS-Netzen um wachsende Komplexität zu vermeiden. [0058]
- Kein störender Einfluss des **Blindlastflusses** auf Überstromschutz im VN [0711]
- **Microgrid Schutz** – mangelnde Erfüllung der Anforderungen der Schutzmaßnahme bei TNCS wegen zu geringer Fehlerströme aus Invertern [0743]



- **Abgrenzende Erkennung eines Außenleiterbruchs in HS gegenüber Erdschluss in der MS [0815]**
- **DEFIT** (Determination of Earth Fault Inception Time) – Neue Version des Algorithmus zur Bestimmung des Zeitpunkts des Erdschlusseintritts – für mehrere 1000 Erdschlussereignis-schriebe erfolgreich getestet. [0789]
- **Berechnung von Erdschlussströmen:** Zur Vermeidung von zum Teil signifikanten Fehlern, sind begleitende erdfühilige Leiter bzw. Kabelschirme in den Modellen zu berücksichtigen.[0463]
- **Distanzschutz mit Serienkompensation Echtzeit-Berechnung** im Zeitbereich innerhalb von 10 ms [0221]
- **Überstromschutz: Innovativer Algorithmus** mit verbessertem Auslöseverhalten bei hohem Anteil DEAs [0169]

$$\Delta U_0(t_k) = U_0(t_k) - U_0(t_k - T_{DEF})$$



Vielen Dank für Ihr Interesse !