

# Untersuchung des Betriebsverhaltens von ausgewählten DC versorgten Komponenten eines Umspannwerkes bei Tiefentladung

---

15.2.2018, Wernegger

# Agenda

## Einleitung

- Blackout
- Strategien Netzwiederaufbau
- Die Rolle der Umspannwerke bei einem Netzwiederaufbau

## Methodik

- Festlegungen
- Versuche, Versuchsablauf

## 110-V- Hauptversuch

- Übersicht Leittechnikkonzept und Versuchsablauf
- Ergebnisse Entladungskurve Batterie mit wesentlichen Ereignissen
- Ergebnisse der Komponenten im Detail

## Zusammen- fassung

- Kernfragen und wesentliche Erkenntnisse

# Einleitung (1)

## Was ist ein Blackout?

- Ein Blackout ist ein überregionaler u.U. mehrere Staaten umfassender totaler Stromausfall
- **Charakteristiken eines Blackouts**
  - Tritt immer überraschend auf
  - Die Dauer ist nicht vorhersehbar
  - Unkontrollierbare, rasche kaskadenartige Ausbreitung, kann binnen weniger Minuten hunderttausende Km<sup>2</sup> und zig-millionen Menschen betreffen



14.8.2003 – Blackout in Amerika



28.9.2003 – Blackout in Italien

# Einleitung (2)

## Ursachen eines Blackouts ?

- **Höhere Gewalt, seltene Ereignisse**
  - Überschwemmungen, Erdbeben, Stürme, Muren, Lawinen
  - Geomagnetische Stürme (GMD)
- **Künstliche/menschliche Bedrohungen**
  - Unmittelbar: Sprengung, Beschuss, Elektromagnetische Pulse u.dgl.)
  - Von Ferne / Internet: z.B. Cyber-Attacken
- **Netzbetriebliche Ursachen**
  - Im eigenen Netz (Ausfall von Leitungen, Transformatoren usw. durch Überlastung oder Anlagenversagen)
  - Ausgelöst in Fremdnetzen (mit Folgeüberlastungen innerösterreichischer Leitungen)



Schneechaos 2005 im Münsterland



Steigende Cyber-Attacken



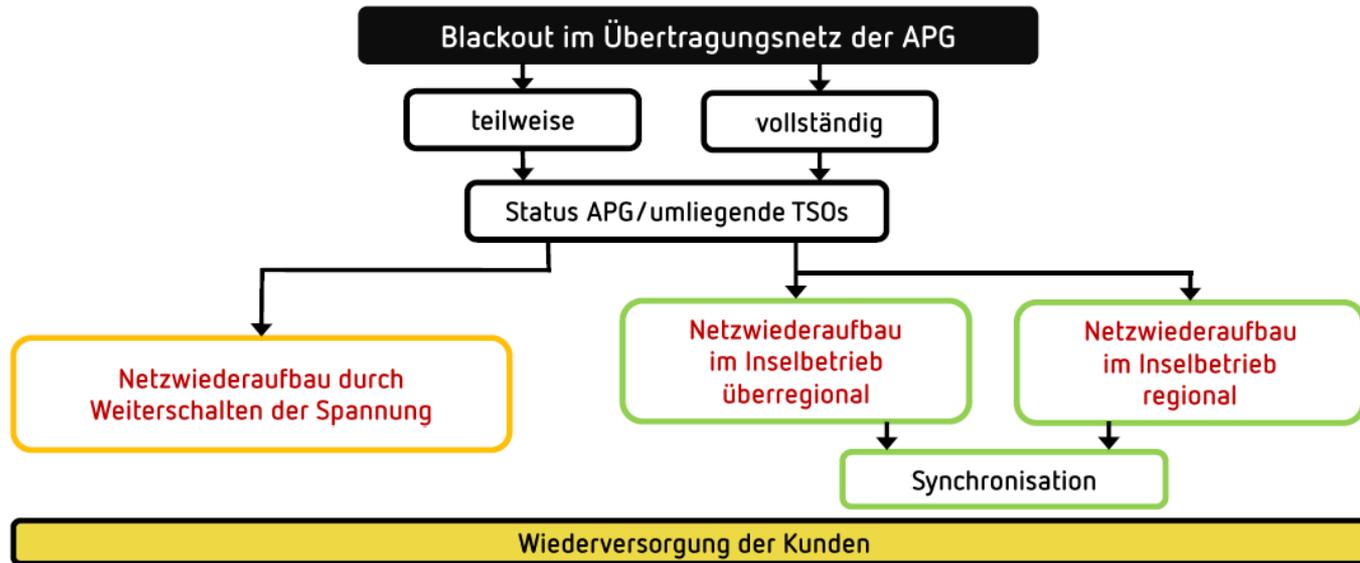
Stromausfall in Europa im November 2006

## Risiko eines Blackouts?

- **In den letzten Jahren erhöhtes Risiko für Blackouts mit Tendenz weiter steigend!**

# Einleitung (3)

## Strategien eines Netzwiederaufbaus in Österreich



Quelle APG

## Voraussetzungen für einen schnellen Netzwiederaufbau

- Verfügbarkeit der Netze
- Verfügbarkeit von Erzeugungsanlagen für Schwarzstart und Inselbetrieb
- USV Versorgung zentraler Netzkomponenten
- Trainierte Netzwiederaufbaukonzepte



# Methodik (1)

## Festlegungen

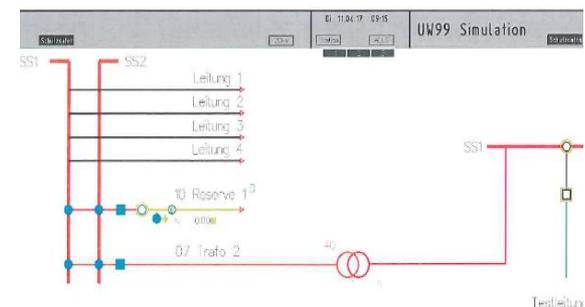
- abgestimmtes Verbraucher-Gerätekonzept
- Spannungsebenen der Batterien 24 V und 110 V
- Kombination von Geräten aus einem bestehenden Umspannwerk in Verbindung mit Geräten aus einem Versuchsaufbau
- Leittechnische Einbindung aller beim Versuch beteiligten Geräte und Integration der kompletten Leit- und Übertragungstechnik in das KNG – Netzleitsystem „UW99“
- Ferngesteuerte Durchführung aller Schalthandlungen durch die Hauptschaltleitung der KNG von Klagenfurt aus
- Vorgabe eines fixen Versuchsablaufes je Versuch mit zyklisch durchzuführenden Schalthandlungen
- Ausschließliche Verwendung des Betriebsfunks und des Betriebstelefonns für die Kommunikation mit der Hauptschaltleitung



Versuchsaufbau in der Kranhalle des Wartungszentrums - Strom Landskron



Netzleitstelle der KNG



UW 99 im Netzleitsystem der KNG

# Methodik (2)

## Versuche

- gerätespezifische Grunduntersuchungen
- zwei 24-V-Batterie-Vorversuche
- ein 110-V-Hauptversuch



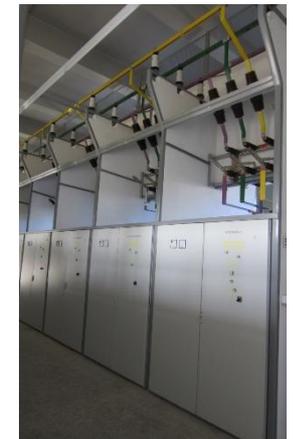
110-V-Batterie und TORCEL

## Versuchsablauf

- Versuchsablauf: Zum Zeitpunkt  $t=0$  erfolgt die Trennung der externen Netzspannung. Ab diesem Zeitpunkt werden die Funktionsweisen aller beim Versuch beteiligten DC-Verbraucher bei sukzessiver Entladung der Batterie durch den Geräteeigenverbrauch, einen elektronisch geregelten Lastwiderstand (TORCEL), einen Schiebewiderstand und durchgeführte, belastungstechnisch - relevante Schalt- und Regelhandlungen von Primärgeräten visuell beobachtet, messtechnisch aufgezeichnet und anschließend anhand der Geräteprotokolle einer umfangreichen Überprüfung und Analyse unterzogen.
- Nach vollständiger Entladung sollen die Batterien mit wiederkehrender Netzspannung geladen werden



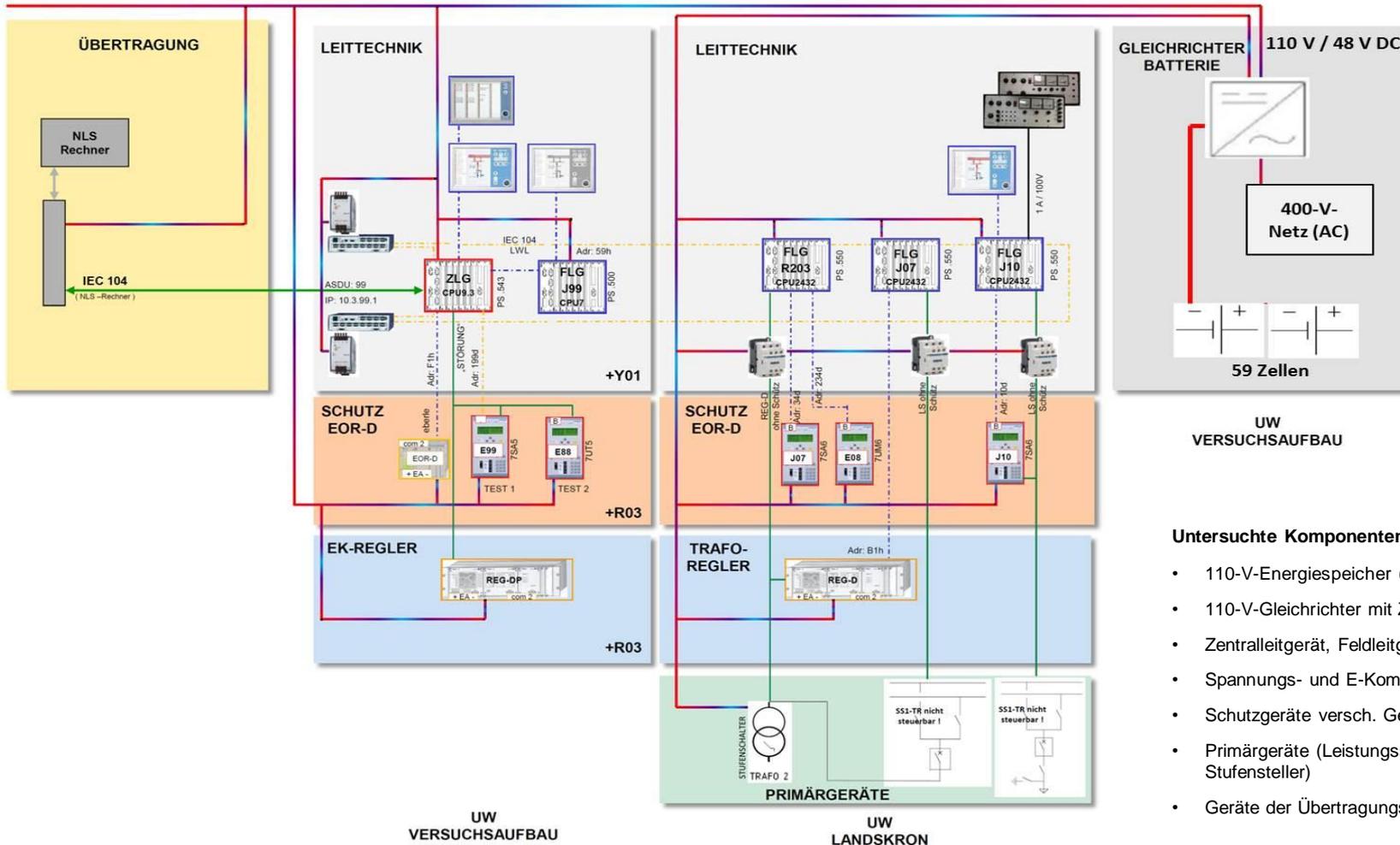
Regler und Schutz Trafo 2  
UW Landskron



20-kV-Anlage mit Trafo- und  
Reservezelle des UW Landskron

# 110-V-Hauptversuch (1)

## Übersicht Leittechnikkonzept

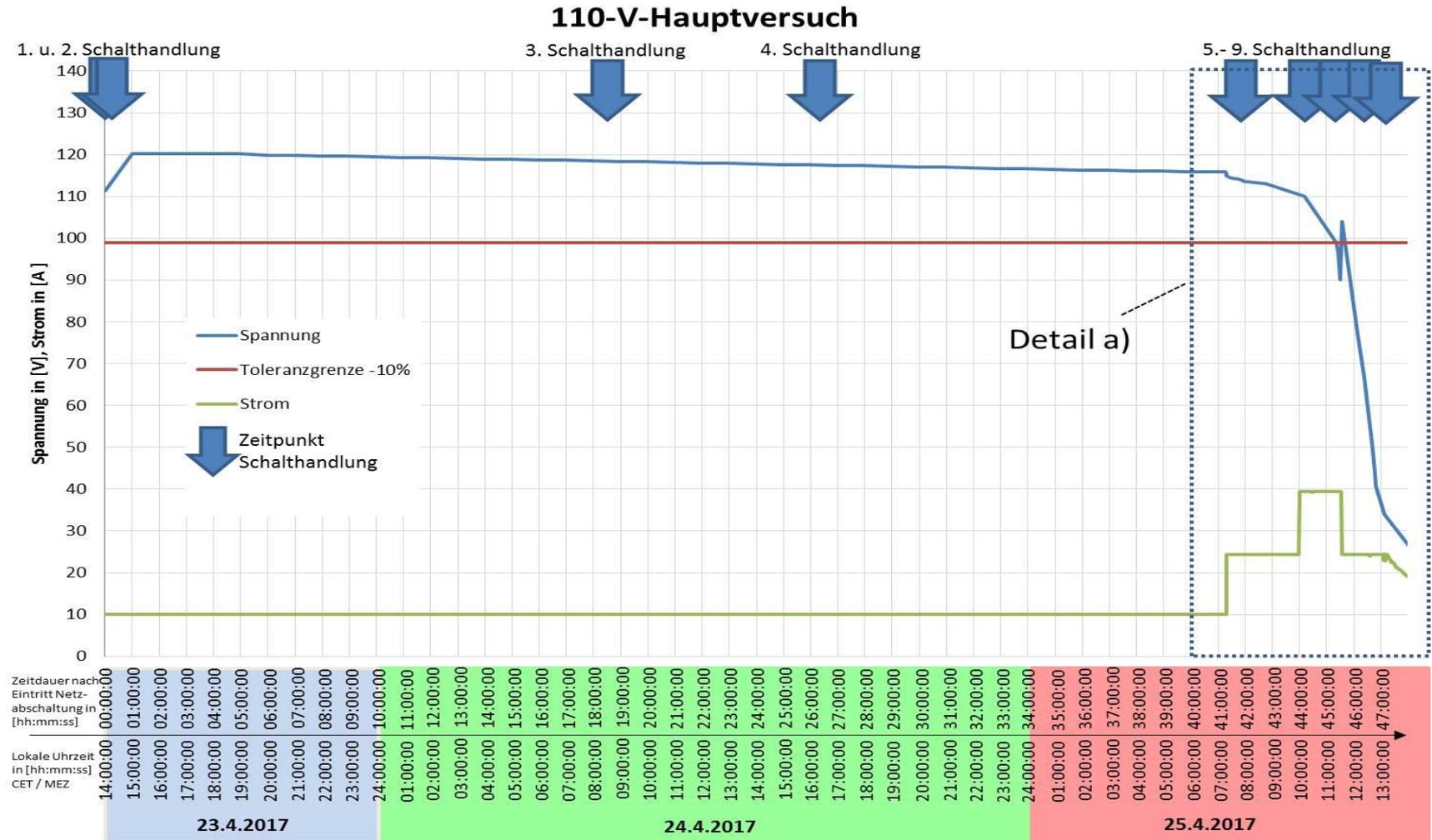


### Untersuchte Komponenten

- 110-V-Energiespeicher (59 Zellen 18 GroE 450)
- 110-V-Gleichrichter mit Zusatzzellentechnologie
- Zentraleitgerät, Feldeitgeräte
- Spannungs- und E-Kompensationsregler
- Schutzgeräte versch. Generationen
- Primärgeräte (Leistungsschalter, Trenner, Stufensteller)
- Geräte der Übertragungstechnik

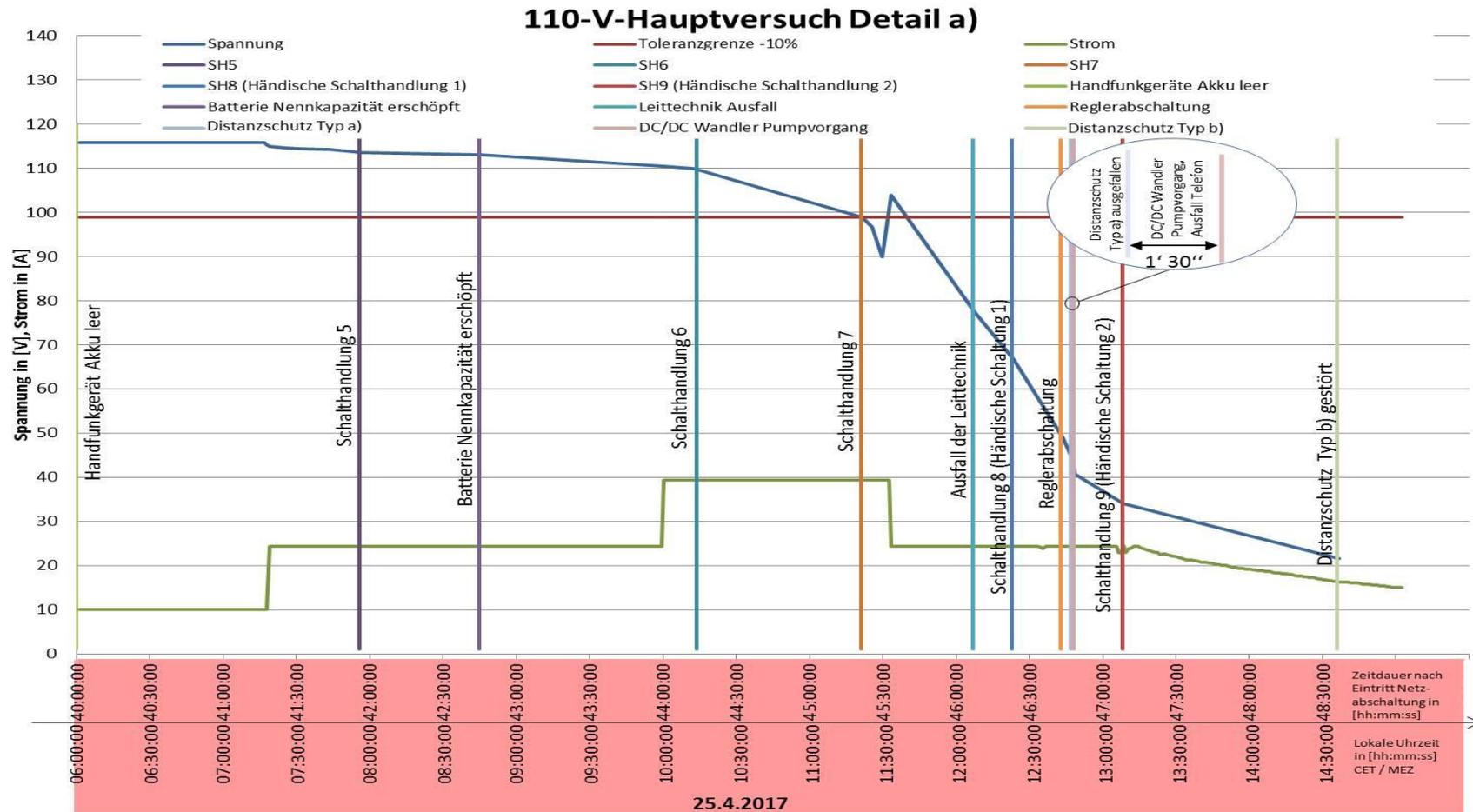
# 110-V-Hauptversuch (2)

## Ergebnisse – Spannungsverlauf Batterie, Schalthandlungen und Belastungsstrom



# 110-V-Hauptversuch (3)

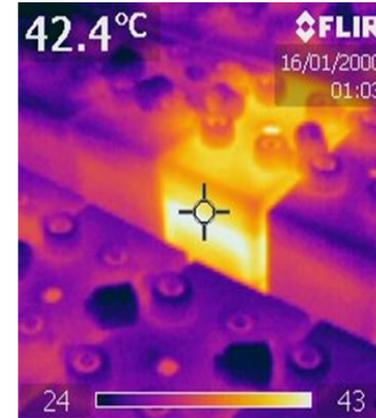
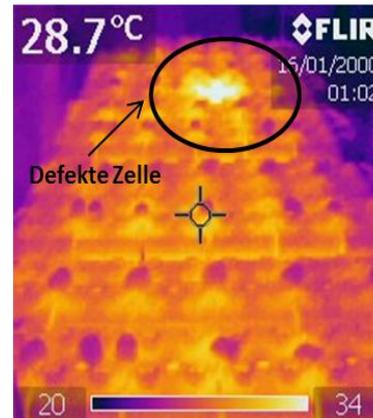
## Ergebnisse – Spannungsverlauf Batterie, Schalthandlungen, Belastungsstrom und Ausfallszeitpunkte der Verbraucher in der Tiefentladungsphase



# 110-V-Hauptversuch (4)

## Ergebnisse – Batterie und Gleichrichter

- Komplette Tiefentladung der Batterieanlage
- Zerstörung eines Stammzellenblockes im Zuge des Versuches
- Keine aufgetretenen Schäden am Gleichrichter selbst



- ***Eine Batterietiefentladung ist mit allen Mitteln zu verhindern. Explosionsgefahr, wenn Batterieanlage mit defekter Zelle wieder hochgefahren wird!***

# 110-V-Hauptversuch (5)

## Ergebnisse – Leittechnik

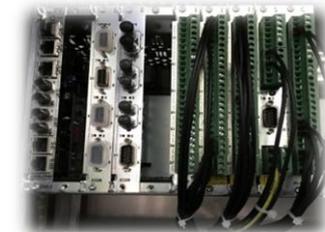
- Getestet wurden alle drei Varianten der bei KNG eingesetzten Leittechniknetzteile in verschiedenen typischen Konfigurationen, sowie die Netzteile der Netzwerkschiche für den Prozessbus
- Nach Wiederinbetriebnahme des Gleichrichters und anschließender Überprüfung der Leittechnik - Geräte bzw. Baugruppen konnten keine Fehler/Beschädigungen festgestellt werden.

Betriebsmittel	Einsatzgrenze lt. Datenblatt	Fehler / Ausfall lt. Messung	Hysterese / Gerät aktiv ab
LT Gerät Typ a)	88 V	77 V	88 V
LT Gerät Typ b)	88 V	77 V	88 V
LT Gerät Typ c)	88 V	71 V	88 V
Netzwerkswitch	85 V	56 V	83 V

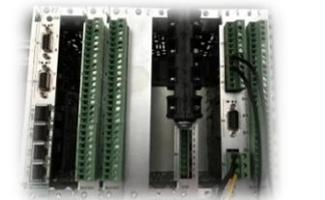
- **Extrem robustes Betriebsmittel hinsichtlich des Betriebsverhaltens bei auftretenden Spannungspendelungen, Spannungsverfall und Spannungswiederkehr!**
- **Kein Verlust von Parametern, keine Fehler und Beschädigungen!**



Switch



ZLG (Zentralleitgerät)

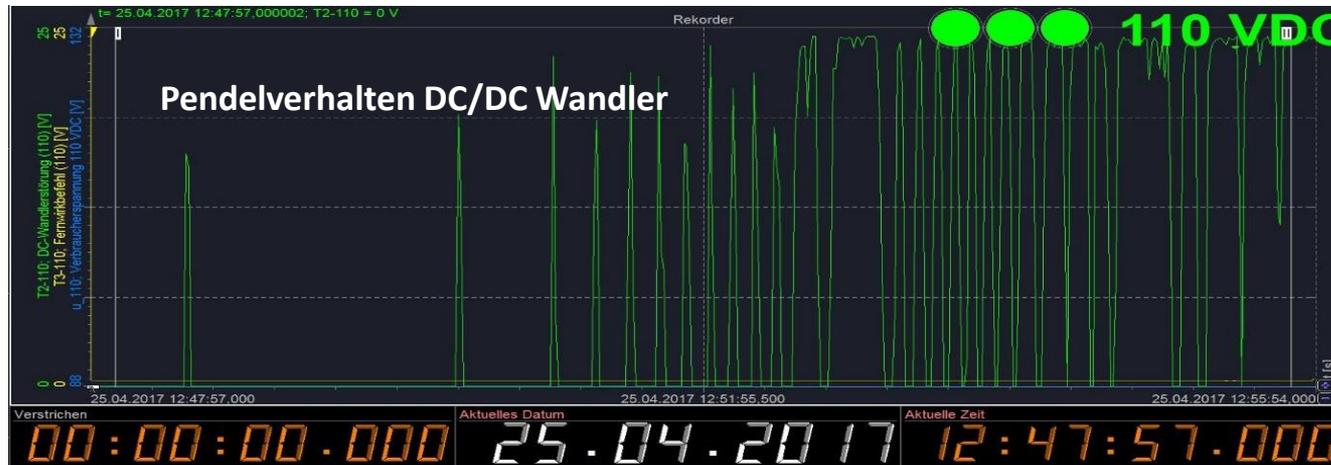


FLG (Feldleitgerät)

# 110-V-Hauptversuch (6)

## Ergebnisse – Übertragungstechnik

- funktionstechnisch kritisches Betriebsmittel für alle Übertragungseinrichtungen war der (gemeinsame) DC/DC-Wandler - ab ca. 40 V traten mehrere Spannungspendelungen zw. DC/DC-Wandler und Batterie auf
- Die Wiederanläufe des Fernwirkgerätes hatten jedoch keinen Einfluss auf den Schaltzustand der Primärtechnik und führten zu keiner Zerstörung der Fernwirkeinrichtungen selbst (untersuchte Einwirkdauer von 10 Minuten, dann händische Abschaltung)



- **Zum Schutz des DC/DC-Wandlers und in weiterer Folge der daraus versorgten Kommunikationsbetriebsmittel ist ein Betrieb in der Tiefentladungsphase mit allen Mitteln zu verhindern.**

# 110-V-Hauptversuch (7)

## Ergebnisse – Schutzgeräte

- Alle Schutzgeräte haben bis weit unter den im Handbuch angegebenen Spannungsgrenzen funktioniert (die Funktion wurde durch „echte“ Fehler – Überprüfung bestätigt )
- Die anschließende Schutzüberprüfungen haben ergeben, dass keine Parameter verloren gegangen sind und kein Gerät durch den langsamen Spannungsausfall Schaden genommen hat

Betriebsmittel	Zul. Versorgungsbereich bis ...	Auslösefunktion bis...	Gestört ab....
Schutzgerät Typ a)	88 V	50 V	45 V
Schutzgerät Typ b)	48 V	26 V (Leistungsschalter scharf ausgelöst bei 30V)	24 V
Schutzgerät Typ c)	88 V	53 V	52 V

- **Ein Betrieb außerhalb der im Handbuch angegebenen Spannungsgrenzen ist aus Sicht der betriebsführenden Abteilung trotzdem nicht anzustreben!**



Regler und Schutz Trafo 2  
des UW Landskron

# 110-V-Hauptversuch (8)

## Ergebnisse – Regler/Reglerantrieb

- Bis zu den ermittelten Grenzwerten funktionierten die Regler ordnungsgemäß.
- Nach Ausfall des Reglers wurden die Befehle für den Reglerantrieb vor Ort abgesetzt - bei ca. 35 V wurde der letzte Stufenlaufbefehl abgesetzt, wobei die Steuerrelais nicht mehr anzogen.
- Nach Erreichen der Ausschaltsschwelle kamen die Regelsysteme in undefinierte Zustände (Spannungspendelungen). Dabei wurde mehrmals der Bootprozess der CPU unterbrochen und neu gestartet.
- Eine Überprüfung der Regler nach wiederkehrender der Spannung zeigte, dass alle Parameter noch vorhanden waren und die Regelvorgänge, Statusmeldungen und Auslösebefehle richtig funktionierten.

Betriebsmittel	Einsatzgrenze lt. Datenblatt	Fehler / Ausfall lt. Messung
Spannungsregler	88 – 264 VAC / 88 – 280 VDC	50,5 V
E-Kompensationsregler	88 – 264 VAC / 88 – 280 VDC	49 V



Spannungsregler



E-Kompregler

- **Zum Selbstschutz des Reglers sollte eine definierte Abschaltung bei unterschreiten einer festgelegten Spannungsgrenze angestrebt werden !**

## Kernfragen und wesentliche Erkenntnisse

- ➔ Wie lange funktionieren die Verbraucher ?
- ➔ Kommt es zu funktionstechnisch kritischen Beeinflussungen zwischen Batterie und Verbrauchern?
- ➔ Wie verhält sich eine tiefentladene Batterie bei Ladung ?
- ➔ Funktionieren alle „anderen“ Verbraucher wieder nach Wiederkehr der Spannung?
- ➔ Empfehlung betreffend zukünftiger Betriebsweise von DC – Verbraucher ?

**Je nach Verbraucher unterschiedlich lang, jedoch bis weit unter den in den Handbüchern angegebenen unteren Spannungsgrenzen !**

**Ja, händische Abschaltung von Kommunikationsgeräten, sonst Zerstörung!**

**Batterie hat durch die Tiefentladung einen Schaden erlitten → Abbruch der Ladung, sonst Explosion!**

**Ja, funktionieren wieder !**

**Gezielt händische Abschaltung der Anlage vor Ablauf der Autonomiezeit ist anzustreben !**



# AutorInnen-Information

**DI  
Hans-Jürgen Wernegger**  
Leiter Instandhaltung und Diagnose HS

T +43(0)5 0525-1245

F +43(0)5 0525-1608

Hans-juergen.wernegger@kaerntennetz.at  
www.kaerntennetz.at

KNG-Kärnten Netz GmbH  
Kirchengasse 104  
9020 Klagenfurt am Wörthersee