



HMI
Forum Integrated Energy
Hannover 04.04.2019

HANNOVER MESSE

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Dr. Thomas Weber
Field Service - Leiter Netzplanung
E-Mail: thomas.weber@se.com
Tel.: +49 (0)618281 - 1237

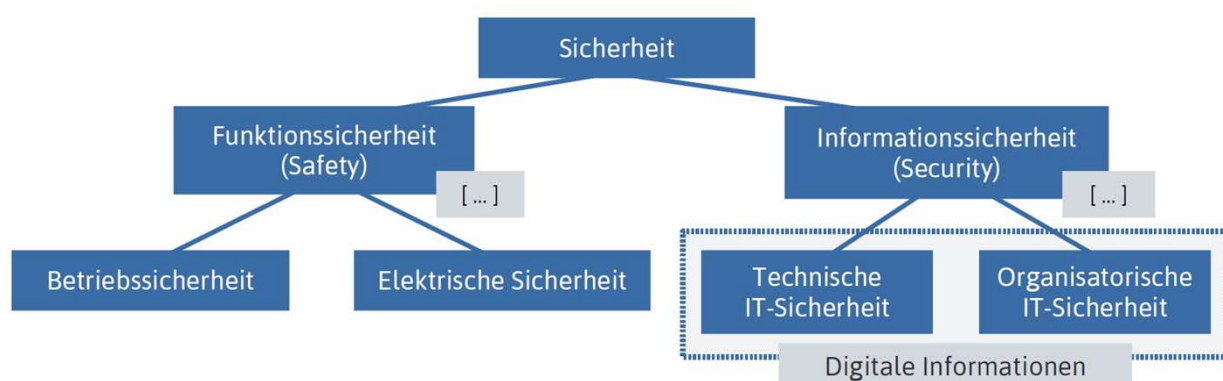
Schneider Electric GmbH
Field Service – Netzplanung
Steinheimer Straße 117
63500 Seligenstadt

Life Is On | **Schneider Electric**

Confidential Property of Schneider Electric |

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

„Sicherheits“-Baum



Kuketz, M.: IT-Sicherheit – Neue Konzepte
Duale Hochschule Baden-Württemberg: 2017



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019
Confidential Property of Schneider Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

Life Is On

Schneider Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

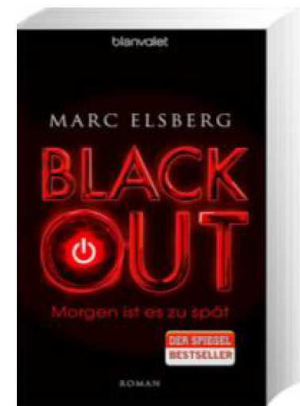
Überblick – Fragen über Fragen zum Blackout



<http://www.tab-beim-bundestag.de/de/publikationen/berichte/index.html>

- Was ist ein Blackout ?
- Warum tritt ein Blackout auf ?
- **Wie hoch ist das Risiko ?**
- **Ist der Blackout zu vermeiden ?**
- Wer muss etwas tun ?
- Was müssen wir tun ?
- Was brauchen wir dazu ?
- Was kostet das ?

Fragen über Fragen zum Blackout



Elsberg, M.: Blackout - Morgen ist es zu spät. Blanvalet 2012



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019
Confidential Property of Schneider Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

Life Is On
Page 3

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Fragen über Fragen zum Blackout: Was ist ein Blackout ?

Definition

Als Blackout bezeichnet man den plötzlichen Stromausfall großer Stromnetze

<https://de.wikipedia.org/wiki/Aussetzer>

- Psychogramm eines Blackout
 - Keine „Planbarkeit“
 - Unerwartetes Auftreten
 - Weitreichende Folgen
 - Technische Auswirkungen
 - Nicht-technische Auswirkungen

Problem:

Das tägliche Leben wird massiv beeinflusst und eingeschränkt



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019
Confidential Property of Schneider Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

Life Is On
Page 4

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Fragen über Fragen zum Blackout: Warum tritt ein Blackout auf ?

• Zusammenspiel mehrerer Faktoren

- Eintritt einer Sondersituation
 - Wetter: Sturm / Hitze / Wasser
 - Versorgungslage: Erzeugung / Verbrauch
- Überschreitung der Dimensionierungsgrundlagen
 - Bruchfestigkeit von Masten (Folge: Abknicken ..)
- Verletzung von Planungsgrundlagen
 - Ausfall von Betriebsmitteln > n-1 (Folge: Kaskadenausfall...)
 - Schutzüberfunktionen / Schutzunterfunktionen
 - „Neu-Auslegung“ von Aufgaben (z.B. Kuppelleitungen)
- Neue (?) Faktoren
 - Cyber-Attacken
 - Terror-Anschläge
 - „Dunkel-Flaute“
 - „Mensch“



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019
Confidential Property of Schneider Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

Life Is On
Page 5

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Fragen über Fragen zum Blackout: Wie hoch ist das Risiko ? Ist der Blackout zu vermeiden ?

Vergleich: Jackpot im Lotto ⇔ Blackout im Netzbetrieb

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Jackpot <ul style="list-style-type: none"> – Beeinflussungsversuche durch „System“-Lotto – Wahrscheinlichkeit: gering bis „unmöglich“ • Mitspieler <ul style="list-style-type: none"> – Freiwillige Teilnehmer – Kleine Investition – Sehr kleine Chance – Bei Verlust keine / geringe Auswirkungen – Bei Gewinn große persönliche Auswirkungen | <ul style="list-style-type: none"> • Blackout <ul style="list-style-type: none"> – Beeinflussungsversuche durch „System“-Planung – Wahrscheinlichkeit: gering bis „unmöglich“ • Mitspieler <ul style="list-style-type: none"> – Alle Teilnehmer im Netz – Investition von klein bis groß – Sehr kleine Chance – Bei „Verlust“ keine Auswirkungen – Bei „Gewinn“ sehr große Auswirkungen |
|---|--|

• Ziel der Begierde: Gewinn = Jackpot

• Ziel der Begierde: kein „Gewinn“ = kein Blackout



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019
Confidential Property of Schneider Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

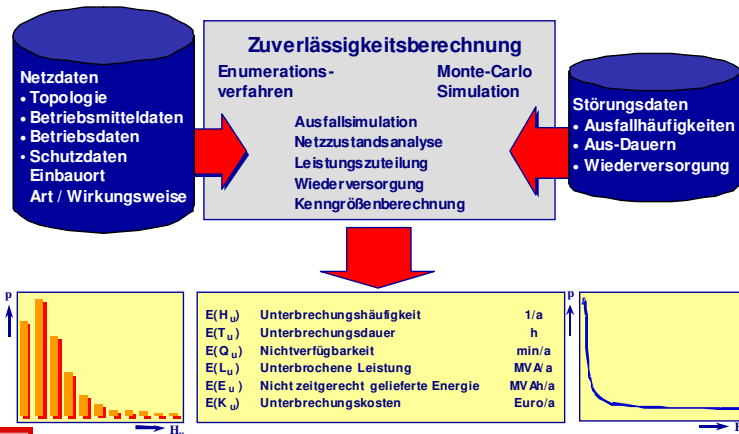
Life Is On
Page 6

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Fragen über Fragen zum Blackout: Wie hoch ist das Risiko ? Ist der Blackout zu vermeiden ?

- Anwendung: Zuverlässigkeitsanalyse mit Monte-Carlo-Methode



- Einflussgrößen
 - Planungskriterien
 - Schutzstrategien
 - Wiederversorgungsstrategien
 - ...
- Ergebnisse der Simulation
 - Wahrscheinlichkeiten
 - Ausfallszenarien
 - Auswirkungen
 - ...



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019
Confidential Property of Schneider Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

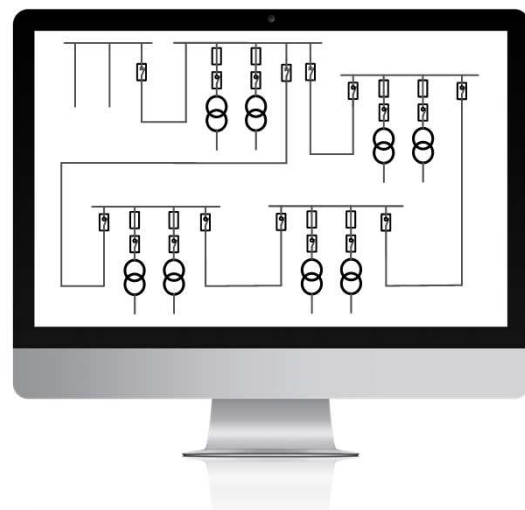
Life Is On
Page 7

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Real(istisch)es Szenario: Industriekunden mit eigenem Mittelspannungsnetz

- Beispielnetz - Überblick
 - Übergabeschaltanlage Netzbetreiber
 - Hauptschaltanlage Industriekunde
 - 2 x Abgangsfeld Transformator (Lasttrenner / Sicherung)
 - 2 x Abgangsfeld Kabel (Leistungsschalter / Schutz)
 - Unterlagerte Schaltanlagen
 - 2 x Abgangsfeld Transformator (Lasttrenner / Sicherung)
 - 2 x Abgangsfeld Kabel (Lasttrenner)
 - Ringstruktur
 - Redundante Versorgung möglich
 - Üblicherweise offen betrieben / Trennstelle



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

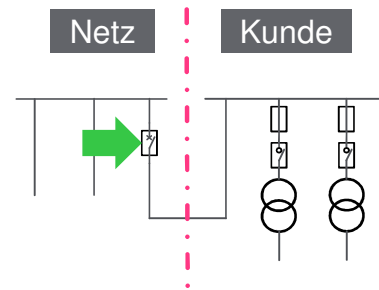
Life Is On

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Übergabeschutz - Sichtweise des Netzbetreibers

- „Übergabe“
 - Schaltanlage längsgetrennt – Netzbetreiber / Kundenanlage
 - Einschleifung in einen Kabelring (z.T. direkter Anschluss an Umspannwerk)
 - Übergabeschalter als Leistungsschalter
 - mit Netzschutzeinrichtung
 - mit Zählung / Messung
- „Übergabeschutz“
 - Netzschutzeinrichtung für den Übergabeschalter
 - Ausprägung oft / meistens als UMZ-Schutzeinrichtung
 - Einstellparameter durch Vorversorger



- Zielsetzung
 - Schnelle Ausschaltung im Fehlerfall
 - Geringe Rückwirkung in eigenen Netz
 - Passend zum Schutz im UW
 - Schutz des eigenen Netzes



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

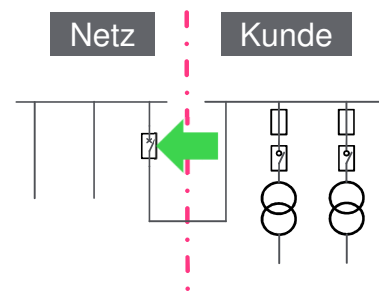
Life Is On

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Übergabeschutz - Sichtweise des Industriekunden

- „Übergabe“
 - Grenze der eigenen Schaltanlage
 - Abgänge bei kleinen Netzen
 - Transformatoren
 - Sicherungen als Schutzeinrichtung
 - Lasttrennschalter als Schaltgerät
- „Übergabeschutz“
 - Vorgabe durch Vorversorger
 - Häufig keine / wenige Schutzkenntnisse
 - Häufig keine Mittelspannungserfahrung
 - Netz „beginnt“ oft in der Niederspannung



- Randbedingungen
 - Normalbetrieb
 - Gesicherte Versorgung
 - Schutz nicht erste Priorität
 - Stromversorgung untergeordnet



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

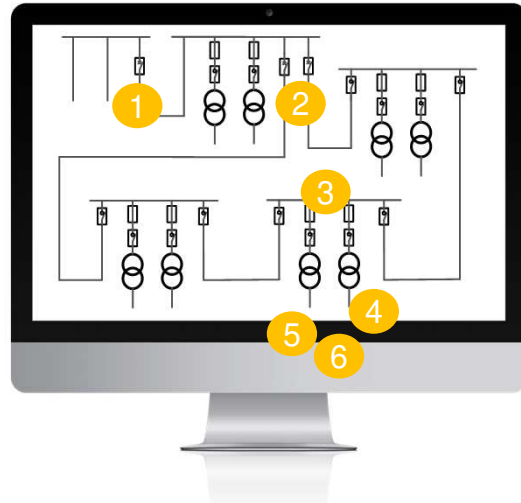
Life Is On

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Real(istisch)es Szenario: Industriekunden mit eigenem Mittelspannungsnetz

- Beispielnetz – aus Sicht des Netzschutzes
 - Aufbau des Netzschutzes
 - Schutzebene 1: Übergabeschalter
 - Schutzebene 2: Abgangsschutz Kabel
 - Schutzebene 3: Abgangsschutz Transformator
 - Schutzebene 4: Niederspannungsleistungsschalter
 - Schutzebene 5 + 6: Niederspannungsnetz
 - Schutzeinrichtungen
 - UMZ-Schutzgerät (1,2,3)
 - HH-Sicherungen (3)
 - Niederspannungsleistungsschalter (4,5,6)
 - Niederspannungssicherungen (5,6)



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

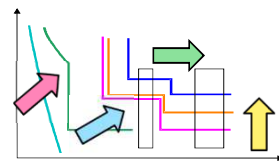
Life Is On

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Schutzphilosophie - Theorie

- Anspruch einer geeigneten Netzschutzphilosophie
 - Schnelle Fehlerfreischaltung
 - Selektive Fehlerfreischaltung
 - Sichere Fehlerfreischaltung
- Umsetzung der Netzschutzphilosophie
 - Schutzstaffelung auf Basis von Stromeinstellwerten
 - Schutzstaffelung auf Basis von Zeiteinstellwerten
 - Schutzstaffelung auf Basis unterschiedlicher Sicherungsgrößen
 - Berücksichtigung eines Reserveschutzkonzepts
 - Ausfall einer Schutzfunktion wird durch einen Reserveschutz abgedeckt
 - Ausnahme: Sicherungen werden ohne Reserveschutzfunktion berücksichtigt



- Beispiel
 - Sicherung / NSLS / 3 x UMZ
 - Selektivität in Strom + Zeit



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

Life Is On

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Schutzphilosophie - Realität

- Problemstellung Zeit
 - Zeitstaffelung häufig nicht möglich durch zu geringe Übergabezeit
 - Selektivitätsverlust durch Einsparen von Zeitstufen
 - Abhilfe: Verriegelungen, Optimierung des Schutzkonzepts
- Problemstellung Strom
 - Stromstaffelung in der Mittelspannung üblicherweise nicht möglich
 - Stromstaffelung in der Niederspannung grundsätzlich möglich
 - Abhilfe: keine (MS), Optimierung des Schutzkonzepts (NS)
- Lösungsansatz
 - Netzschutzanalyse vom Übergabepunkt zu Unterverteilungen
 - Optimierung des Netzschutzkonzepts auf Basis der Vorgaben
- Ansätze
 - Anfrage: Erhöhung der Übergabezeit
 - Selektivitätsprobleme „nach unten“
 - Schutzkonzept ohne Kupplungen
 - Strom-Zeit-Staffelung über Transformatoren
 - Geordneter Einsatz von Sicherungen
 - Keine Sandwich-Schalter in der Niederspannung
 - ...



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

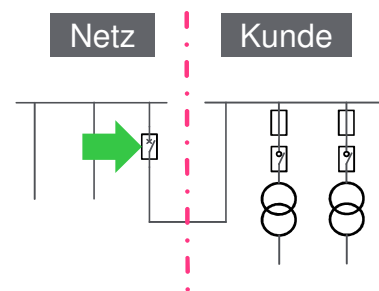
Life Is On

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Ergebnispotentiale für Industrienetzbetreiber – Chancen auf den Blackout

- Voraussetzung: Geeignete Vorgabegrößen des Übergabeschutzes
 - Auslösezeit: $t_{>>}$ 100 ms Schnellzeit
 - Anregestrom: $I_{>>}$ 1,2 x 200 A Überstrom
 - Wandlerbemessungsstrom 200 A
- Kommentare zu den Vorgabegrößen
 - Schnellzeit unterstützt das Netzschutzkonzept des Netzbetreibers
 - Geringer Anregestrom schützt das Netz des Netzbetreibers
 - Vorgabegrößen sind logische Vorgabe aus Sicht des Netzbetreibers
 - Einstellung möglich ohne genaue Kenntnis des unterlagerten Netzes
 - Einstellung möglich ohne genaue Kenntnis der Kurzschlussstromverhältnisse



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

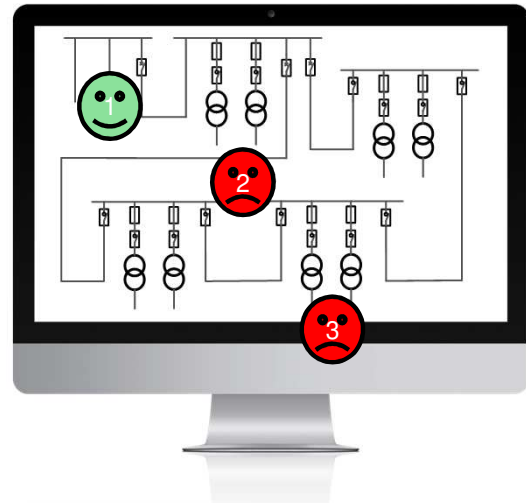
Life Is On

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Erlebnispotentiale für Industrienetzbetreiber – Chancen auf den Blackout

- Chancen für den Blackout des gesamten Werks
 - Fehlerszenario 1: Fehler in der Übergabestation
 - Nicht vermeidbar, korrekte Funktion des Netzschutzes
 - Funktion auch bei geänderten Parametern gegeben
 - Fehlerszenario 2: Fehler im Mittelspannungsnetz
 - Bedingt vermeidbar / vermeidbar
 - Ohne Anpassung des Übergabeschutzes nicht vermeidbar
 - Fehlerszenario 3: Fehler im Niederspannungsnetz
 - Muss vermieden werden !!!
 - Meist eigenständig vermeidbar
 - Evtl. Anpassungen des Übergabeschutzes erforderlich



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

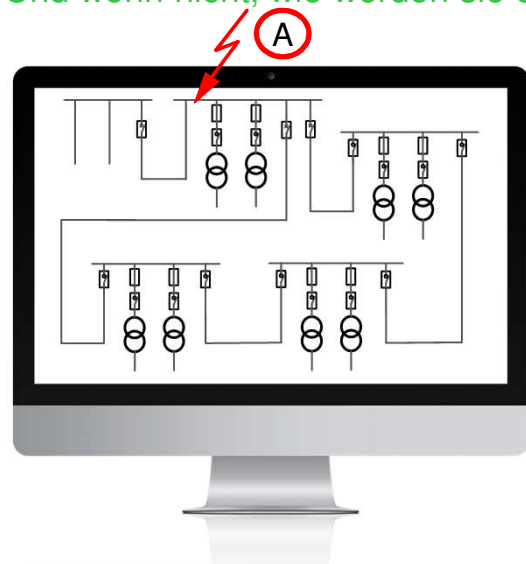
Life Is On

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Erlebnispotentiale für Industrienetzbetreiber – Chancen auf den Blackout

- Fehlerszenario 1: Fehler in der Übergabestation
 - Fehlerstelle A: Übergabeschaltanlage
 - Ausfall des Werks unvermeidlich
 - Kurze Auslösezeit (hier) hilfreich



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

Life Is On

Schneider
Electric

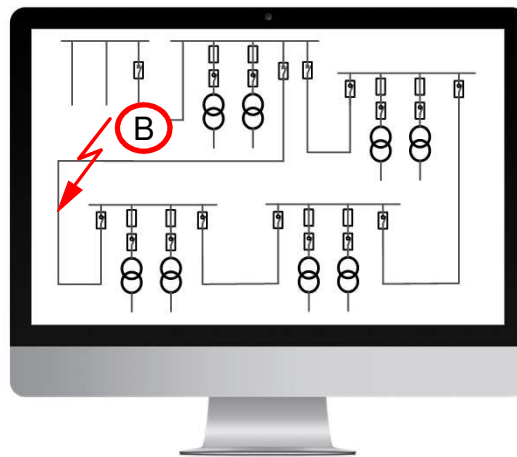
Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Erlebnispotentiale für Industrienetzbetreiber – Chancen auf den Blackout

• Fehlerszenario 2: Fehler im Mittelspannungsnetz

• Fehlerstelle B: Mittelspannungskabel

- Ziel: Selektive Ausschaltung des Kabels (Verlust nur aller angeschlossener Stationen)
- Problem: Ausschaltung ohne Selektivität (Verlust des gesamten Werks)



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

Life Is On

Schneider
Electric

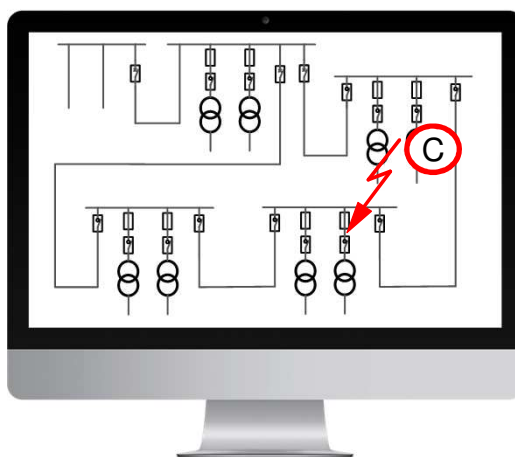
Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Erlebnispotentiale für Industrienetzbetreiber – Chancen auf den Blackout

• Fehlerszenario 2: Fehler im Mittelspannungsnetz

• Fehlerstelle C: Transformatorabgang

- Ziel: Selektive Auslösung der Sicherung (Verlust des Transformatorabgangs)
- Problem: Ausschaltung ohne Selektivität (Verlust des gesamten Werks)
 - Übergabeschutz evtl. schneller als HH-Sicherung
 - Voraussetzung: geringe Fehlerströme



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

Life Is On

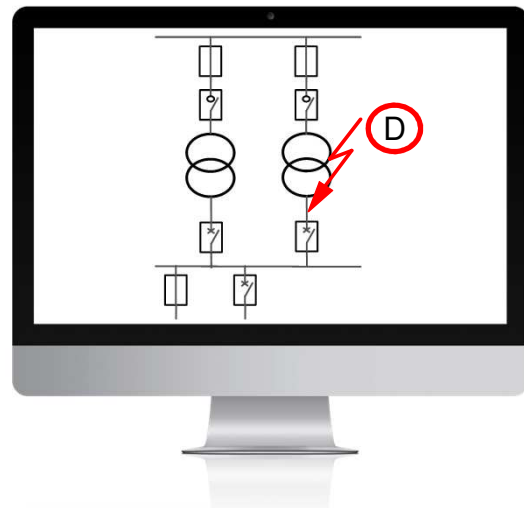
Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Erlebnispotentiale für Industrienetzbetreiber – Chancen auf den Blackout

• Fehlerszenario 3: Fehler im Niederspannungsnetz

- Fehlerstelle D: vor dem Einspeiseschalter
 - Extrem unwahrscheinlicher Kurzschlussort
 - Ziel: HH-Sicherung als „Hauptschutz“
 - Sehr lange Auslösezeit der HH-Sicherung
 - Problem: Übergabeschutz schaltet evtl. aus
 - wegen geringer Stromhöhe
 - wegen kurzer Auslösezeit



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

Life Is On

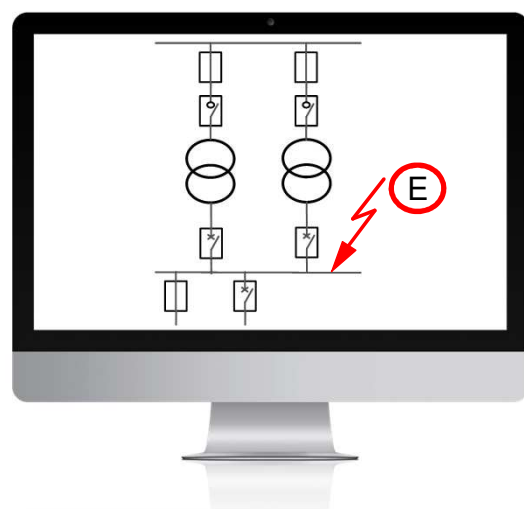
Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Erlebnispotentiale für Industrienetzbetreiber – Chancen auf den Blackout

• Fehlerszenario 3: Fehler im Niederspannungsnetz

- Fehlerstelle E: Niederspannungshauptverteilung
 - Ziel: Einspeiseschalter klärt den Fehler
 - Verzögerte Einstellung wegen Abgängen
 - Hohe Kurzschlussströme (auch minimale Kurzschlüsse)
 - Problem: Übergabeschutz schaltet evtl. aus
 - wegen geringer Stromhöhe
 - wegen kurzer Auslösezeit



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

Life Is On

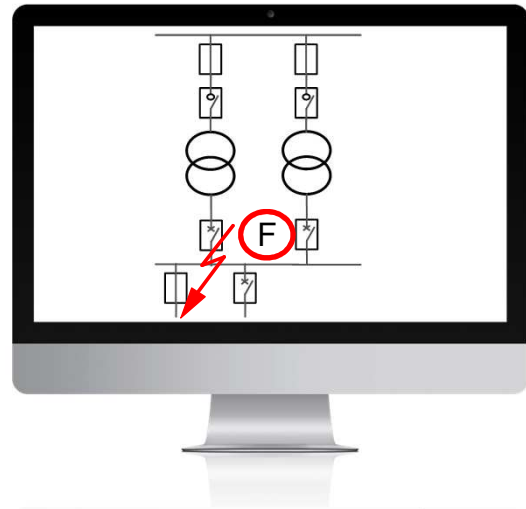
Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Erlebnispotentiale für Industrienetzbetreiber – Chancen auf den Blackout

Fehlerszenario 3: Fehler im Niederspannungsnetz

- Fehlerstelle F: Niederspannungsabgang
 - Ziel: Selektive Ausschaltung durch Abgangsschutz
 - Reserveschutz durch Einspeiseschalter
 - Problem: Übergabeschutz schaltet evtl. aus
 - wegen geringer Stromhöhe
 - wegen kurzer Auslösezeit
 - EXTREM unwahrscheinlich



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

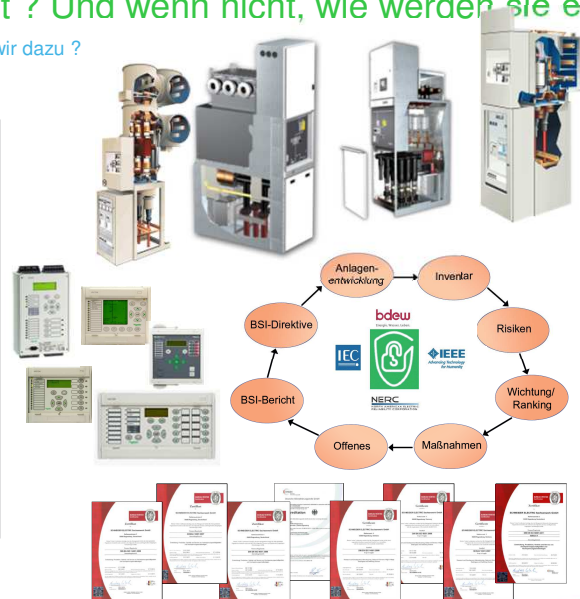
Life Is On

Schneider
Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?

Zusammenfassung + Ausblick: Was müssen wir tun ? Was brauchen wir dazu ?

- Unsere Aufgabe als Industrie
 - Mitarbeit bei der Normenarbeit
 - Mitarbeit bei der Verbandsarbeit
 - Erarbeitung intelligenter Strategien
 - Erarbeitung intelligenter Betriebsmittel
- Drei Dinge braucht das Netz ...
 - ... leistungsfähige und robuste Primärtechnik
 - ... zuverlässige und intelligente Sekundärtechnik
 - ... und Personal mit hohem Ausbildungsstand und Erfahrung



HMI – Forum Integrated Energy
Hannover 04. April 2019
Confidential Property of Schneider Electric

Sind unsere Stromnetze fit für die Zukunft ? Und wenn nicht, wie werden sie es ?
Dr. Thomas Weber

Life Is On
Page 22

Schneider
Electric

