

# NETZSCHUTZ

Das Magazin für Schutztechnik

**01** 2018

## 04 Theorie & Praxis

Ursachen und Auswirkungen  
Etappen der Innovation

## 22 Schutzgerätetechnik

Multifunktionsschutzgeräte  
mit Lichtsensoreingängen  
und Retrofitsysteme

## 46 Prüfgerätetechnik

Prüfungen mit Hilfe  
eines Blitzlichts



# LICHTBOGEN SCHUTZ

Menschenleben schützen und  
Anlagen vor Schaden bewahren

ELEKTROTECHNIK MESS- UND  
 REGELTECHNIK AUTOMATION (EMSR)  
 NETZANALYSEN, KURZSCHLUSSBE-  
 RECHNUNGEN, LASTABWURF  
 UMSIEDELUNGEN VON ANLAGEN, ENER-  
 GIEOPTIMIERUNG, BESTANDSAUFNAHME  
 BZW. BEWERTUNG, BAUPLANUNG,  
 ELEKTORÄUME, BESCHAFFUNGSWE-  
 SEN, ANGEBOTSVERGLEICHE,  
 DETAILENGINEERING, AUSLEGUNGEN,  
 BERECHNUNGEN, ENGINEERING AUF  
 DATENBANK BASIERENDE PROGRAMME  
 COMOS, ENGINEERING BASE,  
 EPLAN/ I ERSTELLUNG,  
 ELEKTROPLÄNE,  
 AUFBAUPLÄNE, SPEZIFI-  
 KATIONEN, HOOK-  
 UPS, PROZESS-  
 NETZWERK,  
 POTENTI-  
 ALAUS-  
 GLEICH-  
 ER-  
 DUNG,  
 BLITZSCHUTZ, (EMV  
 RICHTLINIEN) ÄUSSE-  
 RER UND INNERER  
 BLITZSCHUTZ,  
 KABELTRAS-  
 SENPLANUNG 3D,  
 LAGEPLÄNE, NOT-  
 AUS KONZEPT, SICHER-  
 HEITSTECHNIKPERFORMANCE  
 LEVEL, ABWICKLUNG, TERMIN-  
 PLANUNG, KOORDINATION,  
 FELDGERÄTE SPE-  
 ZIFIKATION UND  
 BESCHAFFUNG,  
 ENGINEERING  
 FELDVERTEILER,  
 FELDBUS KONZEPT  
 UND PLANUNG, MONTAGE-  
 ÜBERWACHUNG, MONTA-  
 GELEITUNG, KALTTEST,  
 INBETRIEBNAHME UND KRAFTWERK  
 INBETRIEBNAHMELEI-  
 TUNG, FUNKTIONSCHECK  
 SCHULUNG (INSTANDHAL-  
 TUNG), AUTOMATISIERUNGS-  
 KONZEPTE, ERNEUERUNG VON  
 PROZESSLEITSYSTEMEN, DCS, QCS,  
 DIV. MESSSYSTEME, FUNKTIONSBE-  
 SCHREIBUNG, -PLÄNE, DETAILLOGIK-  
 PLÄNE, PROZESSOPTIMIERUNG,  
 PROEBETRIEB, SCHULUNG  
 FAT - TEST

## HOCHSPANNUNG MIT EMSR DIE EINE MENGE ERLEDIGT

INDIVIDUELL WIE IHRE SITUATION – SO EINFACH WIE SCHLÜSSELFERTIG  
 STARK FÜR EINIGE 100 MIO PROJEKTE // EIGENTÜMERGEFÜHRT



# TBP

thinks beyond planning

**ANLAGEN ENGINEERING**  
 FÜR PAPIER // ZELLSTOFF  
 ABWASSER // ENERGIE  
 STÄRKE // ZUCKER  
 HOLZ // PETROCHEMIE

www.tbp-group.com

# INHALT



## LICHTBOGENSCHUTZ

Störlichtbögen in Schaltanlagen sind trotz aller konstruktiven Maßnahmen nicht völlig auszuschließen und entwickeln innerhalb von Sekundenbruchteilen eine große zerstörerische Kraft, die ein hohes Gefahrenpotenzial für Personen und Betriebsmittel birgt. Da Störlichtbögen trotz der Vielzahl an möglichen Risikominimierungsmaßnahmen auftreten, können selbst die in diesem Heft beschriebenen Schutzeinrich-

tungen den Lichtbogen nicht verhindern. Jedoch können die Auswirkungen reduziert und somit grobe Zerstörungen vermieden werden. In den letzten zwanzig Jahren wurde eine Vielzahl von Schutzsystemen installiert. Doch findet die Funktionsprüfung der Systeme noch immer erstaunlich wenig Beachtung. Deshalb widmen wir dieses Heft dem Phänomen Lichtbogen.

### THEORIE & PRAXIS

- 4 Ursachen, Auswirkungen und Maßnahmen
- 12 Wir verändern das Netz – das Netz verändert uns

### SCHUTZGERÄTE

- 22 Etappen der Innovation Dem Lichtbogen auf der Spur
- 28 Für jeden Fall das Richtige
- 34 Standardanwendung mit Upgrade
- 40 Integrierte und externe Lösungen

### PRÜFGERÄTE

- 46 Prüfen von Lichtbogenschutzsystemen

### AKTUELLES/TERMINE

- 52 Konferenzen, Tagungen, Seminare
- 52 Impressum

## Netzschutztechnik

Aus der Reihe Anlagentechnik für elektrische Verteilungsnetze

Der Netzschutztechniker und Betreiber elektrischer Verteilungsnetze findet in diesem Band Ratschläge für die Praxis. Neben der Beschreibung der Funktion der Leitungs-, Transformatoren- und Anlagenschutzeinrichtungen, der selektiven Erdschlusserfassung, Spannungs- und Verstimmungsgradregelung werden Hinweise für die Auswahl, Inbetriebsetzung und Betriebsführung gegeben. Besonderer Wert wird auf allgemein gültige Einstellregeln und Prüfpfehlungen gelegt. Behandelt sind auch Messwandler, Hilfsenergieversorgung und Schaltfehlerschutz sowie Kennzeichnungssystematiken für Betriebsmittel und Schaltungsunterlagen.

In der vorliegenden 6. Auflage wurden Aktualisierungen und Ergänzungen vorgenommen. Diese betreffen insbesondere die Anforderungen an den Schutz bei regenerativen Erzeugern durch die Einführung der VDE-Anwendungsregeln für Einspeiser im Mittelspannungs- und 110-kV-Netz, Auswirkungen auf den Staffelpfad und die Schutzprüfung. Erkenntnisse beim Einsatz von Integrierten Schutz- und Steuereinheiten, Hinweise zum Netzwiederaufbau nach einem Blackout, und Prüftechnologien für die Inbetriebnahme- und Turnusprüfung von Wandlern und Schutzrelais sowie die Berücksichtigung des Standes der IEC 61850 sorgen für eine Anwendung des neuesten Standes der Technik.

### Inhalte

- Aufgaben der Schutztechnik
- Fehlerarten
- Begriffe, Relaisstypenschlüssel, Formelzeichen, Indizes und Abkürzungen
- Wirkungsweise von Schutzsystemen
- Messwandler
- Leitungsschutz
- Transformatorenschutz
- Erdschlusssspulenschutz
- Kupplungsschutz
- Sammelschienen- und Anlagenschutz
- Kondensatorenschutz
- Erdschlusschutz
- Einsatz digitaler Schutzrelais
- Automatisierungseinrichtungen
- Schutz in Kleinkraftwerken und dezentrale Einspeisungen
- Schaltfehlerschutz und Synchrocheck
- Nebenanlagen
- Prüfungen
- Schaltpläne und Kennzeichnungen in Schaltanlagen
- Störwerterfassung und Fehlerortung
- Normen und Vorschriften



EW Medien und Kongresse GmbH

**Netzschutztechnik**  
Rolf Rüdiger Cichowski (Hrsg.)  
Walter Schossig | Thomas Schossig  
6. Auflage 2017, 11,2 x 16,5 cm,  
320 Seiten vierfarbig, kartoniert  
38,40 €  
ISBN 978-3-8022-1163-8

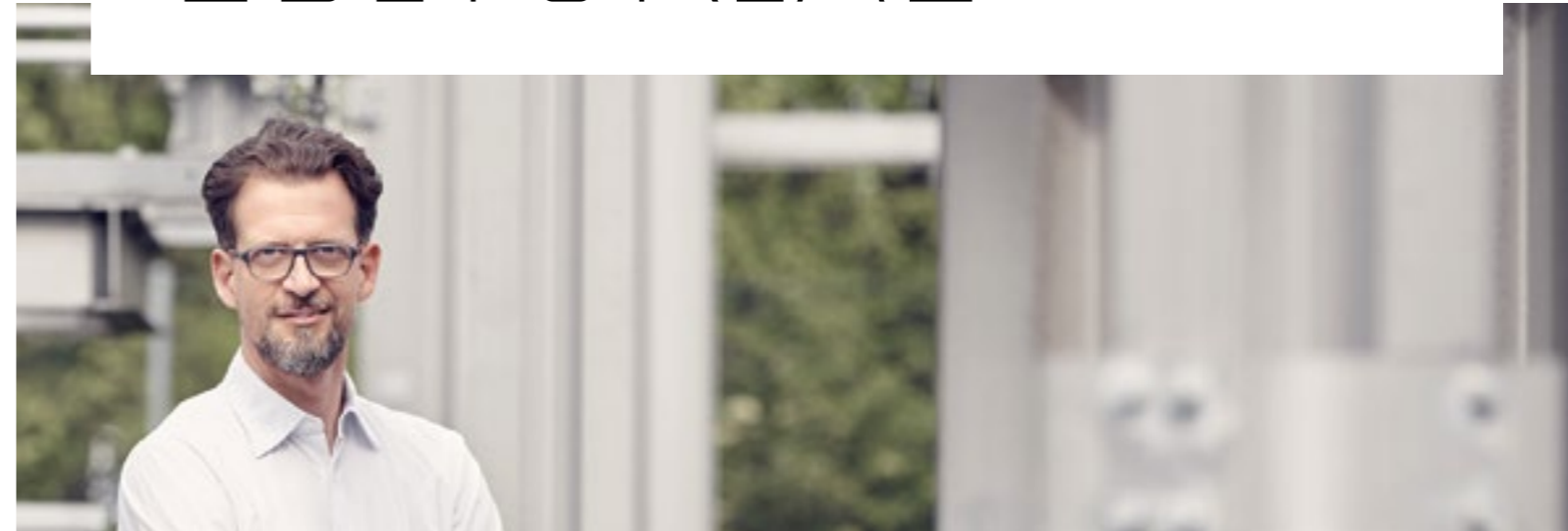
Auch als E-Book erhältlich!

Digitalen Text und Abbildung  
können Sie anfordern unter:  
tanja.wachter@ew-online.de

EW Medien und Kongresse GmbH  
Buchverlag | Fachinformationen  
Montebruchstraße 20  
45219 Essen  
Telefon: 0 20 54.924-111  
Telefax: 0 20 54.924-139  
Internet: [www.ew-online.de](http://www.ew-online.de)  
Shop: [www.energie-fachmedien.de](http://www.energie-fachmedien.de)

Wissen ist unsere Energie.

# EDITORIAL



**Peter Schitz**  
Herausgeber und  
Chefredakteur

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

einige waren vom Thema dieser Ausgabe überrascht. Die Meinung, dass es sich hier eher um Anlagenschutz handelt und dieser nicht klassisch der Schutztechnik zugeordnet wird, durfte ich das eine oder andere Mal hören.

Die Projektierung und Inbetriebnahme von Lichtbogenschutzeinrichtungen waren in den letzten 15 Jahren für mich persönlich v. a. im Kraftwerks- und Industriebereich immer wieder Teil meiner Aufgaben als selbstständiger Schutztechniker. 2014 rettete die schnelle Auslösung einer solchen Einrichtung einem Elektromonteur das Leben. Er hatte in einem nicht freigeschalteten Feld eine 20-kV-Schiene berührt.

Spätestens seit diesem Ereignis ist der Lichtbogenschutz für mich nicht nur Rettung für Schaltfelder, sondern v. a. für jene, die sich tagtäglich den Gefahren unseres Berufsstandes aussetzen, eine mitunter lebensrettende Schutzfunktion. Für Kolleginnen und Kollegen, die vor Ort arbeiten – und das oft unter dem Titel „Arbeiten unter Spannung“. Obwohl wir uns im D-A-CH-Raum in puncto Arbeits-

sicherheit auf einem sehr hohen Niveau befinden, kann es zu Arbeitsunfällen durch Spannungseinwirkung kommen.

Aus anlagentechnischer Sicht erhöht sich durch die Installation eines Lichtbogensystems die Wiederverfügbarkeit nach Störfällen um ein Vielfaches. Der Tausch von Schaltfeldern kann mit geringen Mitteln verhindert werden. Sozusagen eine Schadensbegrenzungs-Versicherung mit Einmalprämie.

Als Herausgeber möchte ich Sie mit dieser Ausgabe über die verheerenden Auswirkungen von Störlichtbögen und die mit einfachen Methoden möglichen schutztechnischen Maßnahmen informieren und gerne eine Diskussion über Sinn und Wirtschaftlichkeit führen.

Schreiben Sie uns, wenn Sie Fragen, Erfahrungen oder Anregungen zu diesem oder auch einem der nächsten Magazin-Themen im Jahr 2018 haben.

Viel Freude beim und vor allem die nötige Zeit fürs Lesen wünscht Ihnen





# URSACHEN, AUSWIRKUNGEN UND MASS- NAHMEN

## Peter Schitz,

geb. 1972, Absolvent der Höheren Technischen Lehranstalt Wien 10 für elektrische Energietechnik, 13 Jahre bei VA TECH ELIN EBG im Bereich Mittel- und Hochspannung für Infrastruktur/Schwerindustrie. Seit 2007 selbstständiger Hochspannungstechniker in den Bereichen Planung von Energieverteilungen, Konzeption und Inbetriebnahme von Schutztechnik und Netzberechnungen.

© Palida Chan / Adobe Stock

Störlichtbögen in Schaltanlagen sind trotz aller konstruktiven Maßnahmen nicht völlig auszuschließen. Die nachfolgende Abhandlung zeigt, wie enorm die Auswirkungen für Mensch, Schaltanlage und die umgebenden Räume sind. Und in welchem Ausmaß diese mit Lichtbogenschutzsystemen reduzierbar sind.

Störlichtbögen in elektrischen Anlagen sind seltene Ereignisse. Statistisch wird bei luftisolierten Mittelspannungsanlagen von einem Fehler pro Jahr in einem von 10.000 Schaltfeldern, bei gasisolierten Anlagen von einem Fehler pro Jahr in einem von 100.000 Schaltfeldern ausgegangen [1].

## URSACHEN

Die Ursachen für diese inneren Fehler können in drei Fehlerarten unterteilt werden [2]:

### FEHLER BEI ENTWURF, HERSTELLUNG UND MONTAGE

Falsche Bemessung und Dimensionierung wie abblasende Sicherungen oder zu geringe Abstände. Weiters können schadhafte Kontaktstellen und Fehler bei der Montage, z.B. fehlerhaft ausgeführte Kabelstecker oder -endverschlüsse, Fehlerursache sein.

### FEHLER DES BETREIBERS

Handhabungsfehler und Unachtsamkeiten beim Bedienen und Arbeiten wie z.B. unzuläs-

siges Arbeiten unter Spannung sowie eine nicht sachgemäße Instandhaltung. Ein bekannter Fehler ist hier vergessenes Werkzeug nach Wartungsarbeiten.

### FEHLER IM LANGZEITBETRIEB

Dazu gehören u.a. Korrosion von metallischen Materialien, Verschmutzung, Feuchtigkeit, Staub und Kleintiere, die in das Anlageninnere eindringen, sowie Überspannungen. Gegen Ende der Schaltanlagenlebensdauer wird die Alterung isolierender Materialien wie z.B. Durchführungen oder die mechanische Beanspruchung von Schaltelementen ein erheblicher Faktor.

### AUSWIRKUNGEN UND FOLGEN

Ein Störlichtbogen gibt die während der Fehlerdauer umgesetzte elektrische Energie an seine Umgebung ab. Diese beträgt in Energieübertragungs- und -verteilnetzen bis zu einige zehn MW. Vergleichbar geringere Werte einer Niederspannungssimulation zeigt **Abb. 1**. Direkte Auswirkungen sind das Erwärmen, Auf-

schmelzen und Verdampfen von Wandmaterialien und Elektroden an Lichtbogenfußpunkten, chemische Reaktionen zwischen verdampftem Material und Umgebungsgas sowie das Aufheizen des Umgebungsgases und die daraus resultierende Druckerhöhung. Die Aufheizung des Gases führt zur Erzeugung eines Gasplasmas mit Temperaturen von ca. 10.000 °C, am Austrittspunkt sogar bis 20.000 °C. Dadurch kann zusätzlich das Material am Austrittspunkt verdampfen [3] und [4].

Die entstehenden Drücke im Schottraum des Schaltfeldes werden über Druckentlastungsöffnungen an den Schaltanlagenraum abgegeben. **Abb. 2** zeigt einen beispielhaften Druckverlauf in einem 1 m<sup>3</sup> großen Schottraum einer Schaltanlage (LBR) und im Schaltanlagenraum (ER) mit 100 m<sup>3</sup> Raumvolumen [3]. Dabei ist der Faktor Zeit für den Druckanstieg im Raum erkennbar. D.h., eine Verkürzung der Kurzschlussdauer kann in Abhängigkeit der Drucköffnungen und Raumvolumina zu geringeren Überdrücken führen.

Die vorangegangenen Auswirkungen haben verheerende Folgen auf Menschen und unmittelbare Umgebung [5]:

- Verletzungen und Verbrennungen,
- schwere Schäden an Schaltanlage,
- Schäden an benachbarten Anlagen,
- (Sekundär-)Schäden an Gebäude,
- Prozessstillstand.

Die räumliche Ausdehnung des Umgebungsgases bei einer hohen Kurzschlussdauer und die direkte Einwirkung auf Personen sind in **Abb. 3** zu sehen. Das Bild zeigt, wie wichtig eine Reduzierung der Lichtbogendauer ist.

Zum Schutz von Personen, zur Minimierung von Schäden und zur Sicherstellung des Anlagenbetriebs müssen diese Auswirkungen beherrscht werden. Normativ berücksichtigen dies:

- für Mittelspannungsanlagen: IEC 61936-1 (VDE 0101-1) und IEC 62271-200 (VDE 0671-200),
- für Niederspannungsanlagen: IEC/TR 61641 (VDE 0100-500 Beiblatt 2).

Unter anderem wird der rechnerische Nachweis der Druckfestigkeit von Schaltanlagen und Schaltanlagenräumen gefordert. Methoden und Gegenmaßnahmen werden nachfolgend beschrieben:

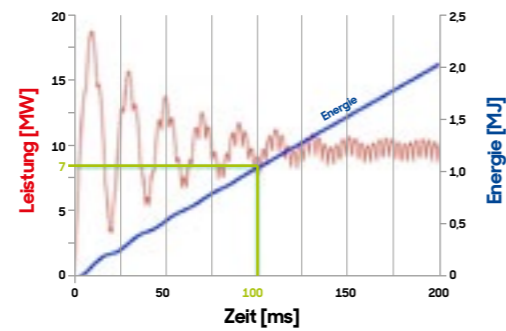


Abb. 1 Beispiel für den zeitlichen Verlauf von Lichtbogen-Leistung und -Energie [3]

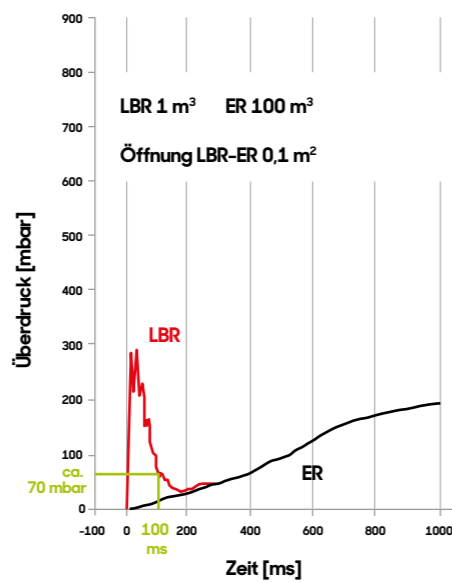


Abb. 2 Druckverlauf [3]

### BERECHNUNG UND NACHWEIS DER DRUCKFESTIGKEIT

Es gibt einen Ansatz nach Pigler (1976), der einen mittleren Druck in einem Schaltanlagenraum nach einem Störlichtbogen abschätzt. Diese Druckabschätzung ist für geschlossene Räume als mittlerer Druck verwendbar, ist aber für Räume mit Druckentlastung sehr ungenau. Dieser Ansatz ist idealisiert. In dem Artikel von Pigler [2] wird eine Tabelle von zulässigen Drücken abhängig vom Material der Wände angegeben – siehe **Tab. 1**. Diese Tabelle basiert auf Erfahrungswerten einer 24 cm dicken

Tab. 1 Richtwerte für zulässigen Überdruck in Bauwerken nach Pigler [2]

Art der Wand	Zulässiger Überdruck im Raum
Ziegel (Massivziegel, Lochziegel, Gasbeton)	3–10 mbar
bewehrte Ziegelwand	30 mbar
Fertigbeton-Teile	50 mbar
Ortbeton	70 mbar
Betonraumzellen	130 mbar



Abb. 3 Kurzschlussversuche mit einer Dauer von > 500 ms (www.westex.com)

Wand, die fest mit den angrenzenden Wänden und der Decke verbunden ist. Diese Werte sind nur ganz allgemeine Angaben und somit kann die Tabelle nur ein erster Anhaltspunkt für die Bewertung der Festigkeit sein.

### FINITE-ELEMENTE-BERECHNUNG

Moderne dynamisch-transiente Simulationsverfahren berechnen orts aufgelöst die Druckspitzen über der Zeit an allen Wänden eines Raumes. Entlastungen werden mit ihrer örtlichen Lage und Größe berücksichtigt. Durch die Bestimmung des Druckes zu einer vorgegebenen Entlastungsöffnung kann der Raum bewertet werden. Ist der Druck zu groß, muss mit einer größeren Entlastungsöffnung nochmals der Druck bestimmt werden, bis dieser den Anforderungen genügt.

In der Druckentlastungsöffnung kann die Geschwindigkeit und damit der Volumenstrom über der Zeit ausgegeben werden. Ausgehend

von der Berechnung sind dann bauseitig der Ort und die tatsächliche Öffnung in der Wand für die zu wählende Druckentlastung vorzusehen.

Eine 3D-Finite-Elemente-Berechnung berücksichtigt die o.a. Kriterien (Anlagenkörper/Absorber usw.) und berechnet den dynamischen Druck (Strömungsleistung = Druck x Volumenstrom) (**Abb. 4** und **Abb. 5**) – [4]. Im Bereich der dunkelblauen Flächen in **Abb. 5** werden Drücke von 29,6 mbar erreicht. Im Vergleich dazu sei der maximale Wert aus **Tab. 1** für unbewehrte Ziegelmauern von 3–10 mbar genannt.

### GEGENMASSNAHMEN

Der Aufbau von fabriksfertigen und typgeprüften Schaltanlagen kann als optimiert und je nach Klassifikation als störlichtbogenfest betrachtet werden. Es bleibt der Umgang mit den an den Druckentlastungsöffnungen der Felder ausgeleiteten Gase und dadurch entstehenden Überdrücken.

Prinzipiell ist die schon zuvor erwähnte Druckentlastungsöffnung in einer Wand des Schaltanlagenraumes eine der wichtigsten Maßnahmen zur Druckreduktion. Sollten weiterhin zu hohe Überdruckwerte bestehen, werden diese durch angebaute Druckabsorber reduziert bzw. direkt von der Schaltanlage durch Druckentlastungskanäle nach außen oder in weniger kritische Bereiche umgeleitet.

Um der nicht völlig auszuschließenden Gefahr von Störlichtbögen trotz Gegenmaßnahmen zu begegnen, wird auch auf die Verwendung von Schutzkleidung bei Schalthandlungen verwiesen.

All die bisher beschriebenen Maßnahmen bieten Schutz vor oder gegen die unmittelbar nach Fehlereintritt vorhandenen Gefahren von Störlichtbögen.

### SEKUNDÄRSCHUTZ

Eine Reduktion der Lichtbogendauer in Schaltanlagen wird nur durch Sekundäreinrichtungen möglich. Kostenintensive stromabhängige Schutzeinrichtungen wie der Sammelschienenschutz DI erreichen Detektionszeiten von > 20 ms. Lösungen mit Überstromzeitschutzstufen I>> können in Abgangsfeldern Werte > 25 ms erreichen, bei einem schaltanlagenweiten Ansatz ist an einer Einspeisung mit rückwärtiger Verriegelung kaum ein Wert unter 150 bis 200 ms möglich.

Mit deutlich geringeren Detektionszeiten zwischen 1 und 8 ms setzen moderne und deutlich günstigere Lichtbogenschutz-Einrichtungen an. Eine Lichtdetektion in Kombination mit der Erfassung des sprunghaften Stromanstiegs bietet die nötige Zuverlässigkeit und verhindert Fehlauflösungen. Weitere Informationen zu den derzeit verfügbaren Technologien finden Sie in unserem Artikel auf Seite 28.

Die oben angegebenen Zeiten beinhalten noch keine Ausschaltzeiten eines Leistungsschalters. D.h., die komplette Fehlerklärungszeit, die sich aus Detektionszeit, ev. Relaisverzögerungen und Ausschaltzeit zusammensetzt, liegt höher. Das Primärschaltenelement ist der entscheidende Teil der Kette.

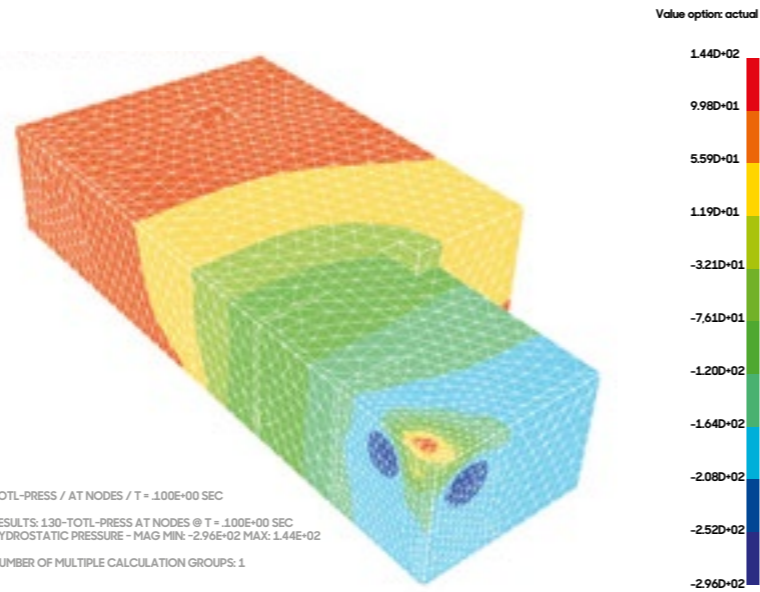


Abb. 5 Berechnungsergebnis – räumliche Druckverteilung [4]

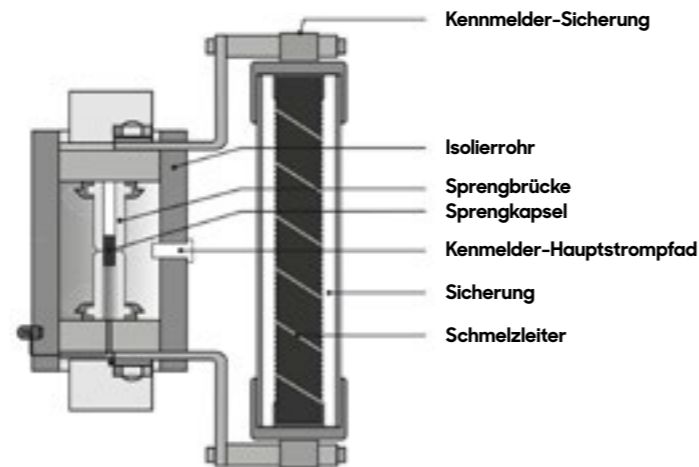


Abb. 6 I<sub>g</sub>-Begrenzer von ABB [7]



Abb. 7 Kurzschließer für Niederspannung [8]

# PRAXIS SAMMELN

## NEUE UND BEWÄHRTE LÖSUNGEN FÜR STEIGENDE HERAUSFORDERUNGEN\*

ALS  
EINZELHEFTE  
ZU  
BESTELLEN

MIT DETAILLIERTEN,  
GRAFISCH EDITIERTEN  
SCHALTPLÄNEN,  
DIAGRAMMEN, TABELLEN  
UND ABBILDUNGEN



### 01 2017 LEITUNGSDIFFERENTIALSCHUTZ

Schnell und zuverlässig  
Leitungsfehler erkennen

Meist gelesen:  
Parametrierungstipps · Effizienz  
und Wirkschnittstelle · Neue Test-  
software



### 02 2017 DISTANZSCHUTZ

Leitungsfehler  
nah und fern orten

Meist gelesen:  
Einstellregeln und Berechnung ·  
Zuverlässige Fehlererkennung ·  
Systembasierte Prüfung



### 03 2017 ERDSCHLUSSSCHUTZ

Zuverlässige Detektion mit  
innovativen Technologien

Meist gelesen:  
Fehlerfreie Feststellung · Flexibilität  
und Präzision · Reale Messgrößen-  
gewinnung durch Netzsimulation

Bestellungen an [office@netzschutz-magazin.com](mailto:office@netzschutz-magazin.com)  
oder per Post an EET Verlag GmbH, Westbahnstraße 7/6a,  
1070 Wien, Österreich

Preis pro Heft: € 45,00 zzgl. MwSt. und Versand

\* Das Magazin ist als Kompendium aufgebaut.  
Jedes Heft ist einem Thema gewidmet. Je mehr Hefte,  
desto mehr Lösungen – von Leitungsschutz bis  
Erdschlussschutz, von Maschinenschutz bis Spezialschutz,  
von Allgemein bis UMZ-Schutz.



#### Quellen

- 1 A. Franz, Störlichtbögen und ihre Auswirkungen, BULLETIN Electrosuisse, Nr. 21, S. 7-18, 2005
- 2 V. Pitz und J. Faber, Entstehung und Folgen von Störlichtbögen, FGH-Workshop, Tagungsband, Mannheim 2003
- 3 M. Schmale, Untersuchungen zur Beeinflussung des durch Störlichtbögen verursachten Überdrucks in elektrischen Anlagen, Aachen 2006
- 4 Technische Schriftenreihe – Ausgabe 7, Siemens AG, 2013
- 5 D. Brechtken, Störlichtbogenschutz in MS- und NS-Anlagen, Maintal 2014
- 6 F. Pigler, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 26. Jg., Heft 3, S. 94-98, 1976
- 7 ABB AG,  $I_s$ -Begrenzer – Schnellstes Schaltgerät der Welt, Ratingen 2014
- 8 Eaton, ARCON® Störlichtbogenschutzsystem, Eaton, 2017 [Online]. Available: [www.eaton.eu](http://www.eaton.eu)

### PRIMÄRSCHALTELEMENTE FÜR LICHTBOGENLÖSCHUNG

Mittelspannungsleistungsschalter haben eine typische Ausschaltzeit von 60–80 ms, ältere Bauarten erreichen bis zu 100 ms. D.h., bei Einsatz eines Lichtbogenschutzsystems mit Leistungsschalter ist die Verzögerung im mittleren Bereich von **Abb. 3**. Für geschlossene Anlagen bedeutet dies eine wesentlich geringere Zerstörung innerhalb des Schottraumes. Die Lichtbogenenergie wird ebenso wie der Druck im Anlagenraum deutlich reduziert – siehe grüne Markierung in **Abb. 1** und **Abb. 2**. Diese vereinfachte Betrachtungsweise soll nur die Größenordnung der Reduktionen vermitteln. Da jedoch nach 10 ms Lichtbogendauer ernsthafte Schäden im Feldinneren auftreten, kann die Ideallösung nur eine deutliche Reduktion der Ausschaltzeit sein. Folgende Komponenten bieten dazu Möglichkeiten:

#### KURZSCHLUSSSTROM ( $I_s$ )-BEGRENZER

Der  $I_s$ -Begrenzer besteht im Prinzip aus einem extrem schnellen Schalter, der einen hohen Nennstrom führen kann, aber über ein geringes Schaltvermögen verfügt, und einer parallel angeordneten Sicherung mit hohem Ausschaltvermögen. Um die gewünschte kurze Schaltereigenzeit zu erreichen, wird eine kleine Sprengladung als Energiespeicher zur Öffnung des Schalters verwendet. Nach Öffnung des Hauptstrompfads fließt der Strom noch über die parallel liegende Sicherung, wo er innerhalb von 0,5 ms begrenzt und dann im nächsten Spannungsnulldurchgang endgültig ausgeschaltet wird [7].

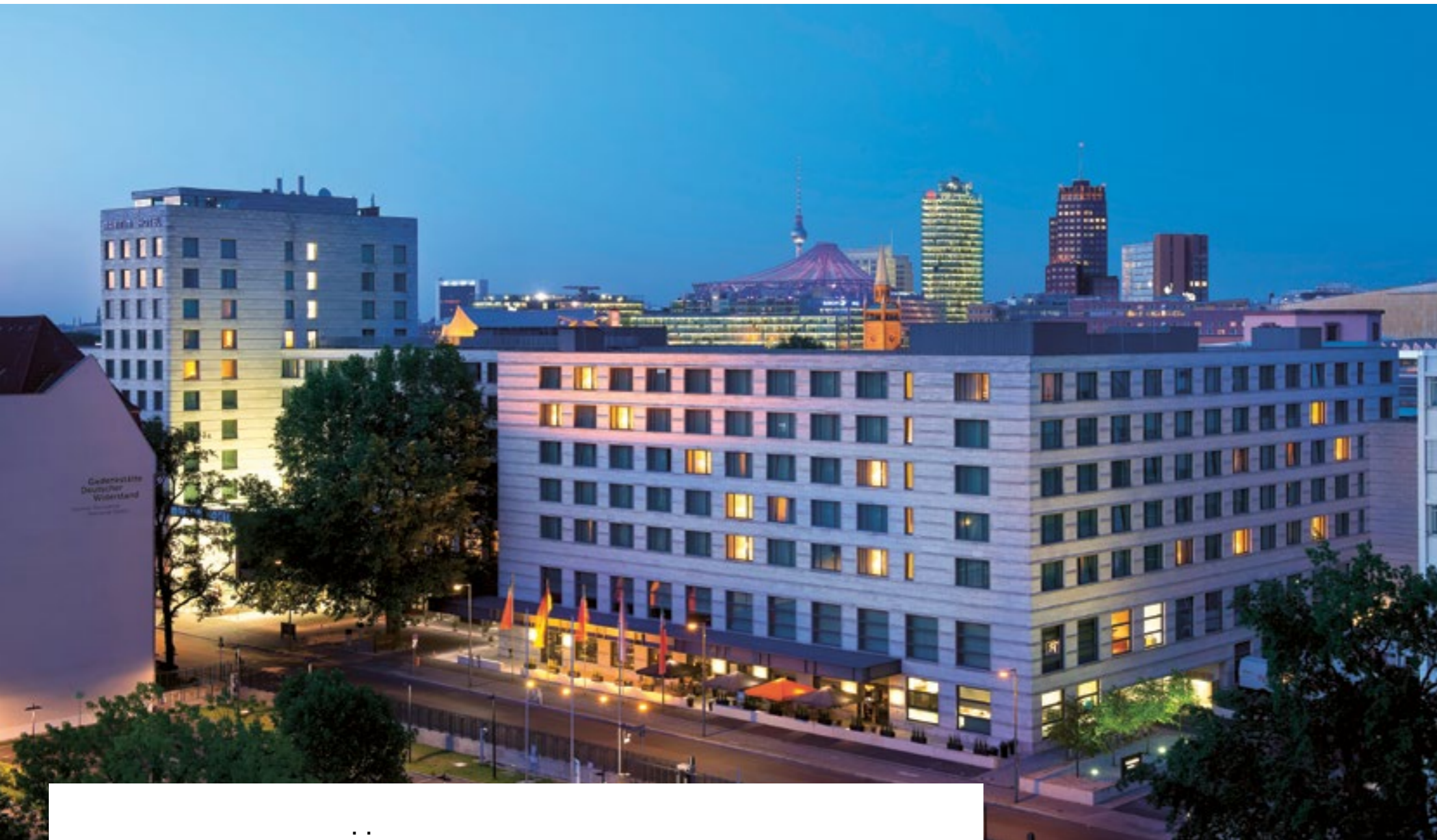
#### SCHNELLERDER/KURZSCHLIESSER

Bei diesen gibt es verschiedene Varianten. Gemeinsam ist allen, dass der Fehlerstrom nicht unterbrochen, sondern innerhalb kurzer Zeit sicher, meist 3-polig gegen Erdpotential geleitet wird und somit dem höherohmigen Lichtbogen die Energie entzieht – er verlischt. Die Abschaltung des über den Schnellerder oder Kurzschließer fließenden Fehlerstromes erfolgt sicher durch den vorgelagerten Leistungsschalter. Beispielhaft seien folgende Produkte genannt – die Angaben wurden den Herstellerbroschüren entnommen:

- Ultraschneller Erdungsschalter (ABB UFES) bis 24 kV – Auslösezeit 4 ms
- Kurzschließer-Bolzen (Eaton ARCON) bis 0,7kV – Auslösezeit 2 ms – siehe **Abb. 7**
- Kurzschließer-Leistungselektronik (Köhl PART) bis 12 kV – Auslösezeit < 2 ms

### ZUSAMMENFASSUNG

Störlichtbögen sind prinzipiell sehr selten auftretende Ereignisse. Jedoch sind die Auswirkungen eines solchen inneren Fehlers für Bedienerpersonal, Schaltanlage und Anlagenräume enorm. Die gültigen Vorschriften und Normen fordern entsprechende Planungen und Vorgehensweisen inkl. rechnerischen Nachweises der gesetzten Maßnahmen. Um im tatsächlich auftretenden Fehlerfall die Lichtbogenenergie und somit die Zerstörung zu reduzieren, sind moderne Lichtbogenschutzsysteme eine günstige Möglichkeit. Um den im günstigsten Fall zwischen 1–2 ms nach Fehlereintritt erfassten Lichtbogen rasch abzuschalten, sind Leistungsschalter mit Unterbrechungszeiten von 60–80 ms die langsamste Variante.  $I_s$ -Begrenzer, Schnellerder und Kurzschließer unterbrechen in 2–10 ms.



# WIR VERÄNDERN DAS NETZ – DAS NETZ VERÄNDERT UNS

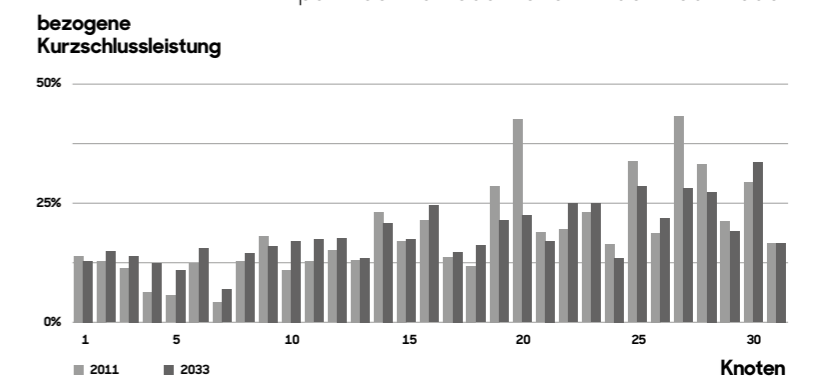
Das alle zwei Jahre stattfindende Hauptereignis der Branche, die FNN-Fachtagung Schutz- und Leittechnik 2018, fand vom 20. – 21. Februar 2018 in Berlin statt. Die hohe Besucherzahl und die Qualität der Vorträge sorgten für ein besonders informatives und gemeinschaftliches Ereignis.

Der Tagungsleiter H. Hoppe-Oehl von Westnetz GmbH definierte in seiner Rede den Tagungsschwerpunkt: dezentrale Erzeuger und deren Auswirkungen. Die derzeit von den dezentralen Erzeugern produzierten 10 GW haben bereits deutliche Auswirkungen auf die Netze, die das „backbone“ der Energiewende sind. Die Schutz- und Leittechnik spielt dabei eine bedeutende Rolle. Seine wesentliche Feststellung, dass es die „eine“ Lösung nicht gibt, war über den gesamten Verlauf der Tagung wahrnehmbar. Um einen Überblick der Inhalte zu vermitteln, fassen wir für Sie einige der Vorträge in Themenschwerpunkten zusammen:

## KURZSCHLUSSTROM

### NETZWEITER KURZSCHLUSSTROM

Laut einer Studie der deutschen Netzagentur DENA [1] ist keine drastische Reduktion der Kurzschlussströme in Höchst- und Hochspannungsnetzen zu erwarten – **Abb. 1**. Wie in **Abb. 2** dargestellt, wird die Energie in Zukunft durch flächenmäßig vergrößerte Spannungstrichter sozusagen aus den Lasten geholt und dadurch werden die Fehlerströme hoch genug bleiben – *H. Kühn*, Tennet TSO GmbH. Sollte es dennoch punktuell zu Reduktionen in der Hoch- oder



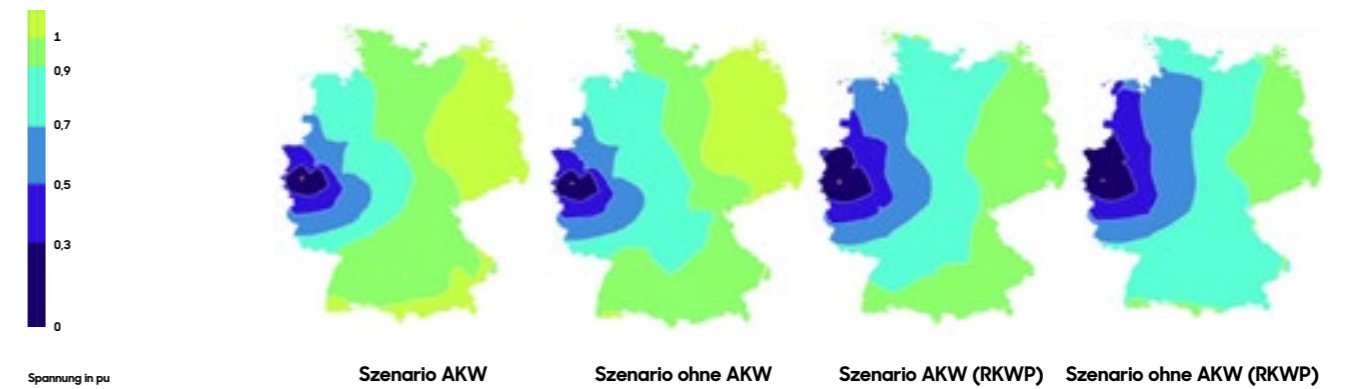
**Abb. 1** Entwicklung der Netz-Kurzschlussleistung lt. DENA-Studie Systemdienstleistung 2030 [1]

Hochspannung kommen, sind die Folgen auf der Mittelspannungsebene geringer. Beispielhaft wirkt sich bei einem 40-MVA-Standardtransformator eine 10 %-Reduktion im Hochspannungsbereich nur mit ca. 3 % auf der Mittelspannungsebene aus – *M. Engel*, Netze BW GmbH.

### BERECHNUNGEN MIT PV-ANLAGEN

In der Normierung der Kurzschlussstromberechnung IEC 60909-0, besser bekannt als VDE 0102, wurde die Einbeziehung der PV-Anlagen definiert. Überlagerungsverfahren mit vorangehender Lastflussberechnung liefern exaktere





**Abb. 2 Spannungstrichter bei einer Störung mit und ohne AKW bzw. Restkraftwerkpark (RKWP) [2]**

Ergebnisse. In VDE 0102 wird zur Vereinfachung die Methode der Ersatzspannungsquelle an der KS-Stelle eingesetzt. So sind auch die PV-Anlagen als Kurzschlussspannungsquellen an der Fehlerstelle definiert. Diese sind nur bei einem Beitrag zum Gesamt-Kurzschlussstrom von  $> 5\%$  zu berücksichtigen und werden nur bei der Berechnung der maximalen Ströme miteinbezogen. Eine weitere Norm-Ergänzung ist die Einführung einer Knoten-Admittanz- und Impedanz-Matrix – *B. Oswald*, Leibniz Universität Hannover.

#### GENERATOR-KURZSCHLUSSSTROM

In einem Beitrag zu einer Generator-Fehlauflösung wurden Kurzschluss-Simulationen für die Analyse berechnet. Die Kurzschlussströme von Generatoren klingen in Abhängigkeit von der Belastung und Erregung verschieden schnell ab: von nur 150 ms bei kleinen BHKW-Anlagen bis zu 350 ms bei größeren Einheiten – *I. Hübl*, KNG – Kärnten Netz GmbH.

#### SCHUTZTECHNIK

##### KONZEPTIONELLES

Bewährte Konzepte breiten sich über die jeweils niedrigeren Spannungsbereiche aus. Der bisher hauptsächlich in den Höchstspannungsverteilungen eingesetzte Sammelschienen-Differentialschutz ist nun auch in der Hochspannung vorzufinden. Distanzschutz mit Signalvergleich und Leitungsdifferentialschutz, der vormals überwiegend in Höchst- und Hochspannung anzutreffen war, wird nun auch in der Mittelspannung installiert – *T. Keil*, TransnetBW GmbH.

Schutzkonzepte für Verteilnetze mit dezentraler Erzeugung müssen angepasst werden. Generatoren müssen vom Netz, bevor es zu unselektiven Auslösungen mit dem Netzschutz kommt. Abhilfen können Schlupfschutz bei Generatoren, Pendelsperren im Mittelspannungsnetz, Einsatz von micro-PMU in Kraftwerken sein – *I. Hübl*, KNG – Kärnten Netz GmbH.

##### DISTANZSCHUTZ

Beim Distanzschutz ging es in einigen Beiträgen bei Anwendungen in den Übertragungsnetzen um die Anpassung der Grenzbereiche zwischen maximaler Übertragungsleitung und Schutzzone. In vielen Fällen ist hier der Umstieg von Strom- auf Impedanzanregung die richtige Wahl. Die Ergänzung der Zonendefinition im Schutzgerät um einen Blindleistungskreis würde bei gleichbleibender Anregesicherheit und Lichtbogenreserve mehr Wirkleistungsübertragung ermöglichen – *T. Keil*, TransnetBW GmbH, *H. Kühn*, Tennet TSO GmbH.

Eine neue Reaktanzmethode mit Kompensation des Widerstandes an der Fehlerstelle bei 2-seitiger Einspeisung durch Kompensationsstrom und -winkel verspricht in der Theorie Vorteile bei größerer Lastüberlagerung, großem Übertragungswinkel und längeren Leitungen. Mit einem Testmodus wären weitere Beobachtungen in der Praxis möglich – *B. Sand*, Amprion GmbH.



#### ORTUNGSVERFAHREN

Die Zahl der Erdschlussversuche ist generell im Steigen. Einen besonderen Fall stellt ein Versuch auf der 110-kV-Ebene dar, bei dem die Funktion von Erdschlussdistanzschutz-Einrichtungen überprüft wurde – G. Achleitner, APG.

Eines von mehreren in einem Vortrag über die letzte CIRED-Konferenz erwähnte Paper beschreibt ein ungewöhnliches Ortungssystem von Lichtbögen auf Freileitungen mittels Radioempfänger aus Großbritannien – I. Hübl, KNG – Kärnten Netz GmbH.

Durch die Verfügbarkeit von Messtechnik mit 2-MHz-Sampling-Rate und einer Zeitsynchronisation mit  $< 1 \mu\text{s}$  ist eine Erdschlussfehlerortung mit Wandlerwellen realisierbar. Dabei ist der Einsatz von kapazitiven Sensoren bis zu 110 kV möglich – G. Druml, Sprecher Automation GmbH.

#### ZWISCHENEINSPEISUNG

Das Stichwort Zwischeneinspeisung ist ein weiteres Dauerthema der Konferenz. Die Variationen reichen von weit eingestellten Übergreifzonen mit Signalvergleich bis hin zu Kombinationen von unter- und übergreifenden Schutzsignal-Übertragungsverfahren – T. Keil, TransnetBW GmbH.

Ein weiteres Beispiel für Zwischeneinspeisungseffekte zeigt die starke Auswirkung von mehreren dezentralen Einspeisungen parallel zu einem Haupttransformator an einer Mittelspannungsverteilung. Hier sind u. U. die Anregebedingungen für den Reserveschutz zu überprüfen – J. P. Findeisen, Westnetz GmbH. Ein Beispiel für die Fehlerstrom-Situation bei Zwischeneinspeisung zeigt **Abb. 3**.

# NETZSCHUTZ

Das Magazin für Schutztechnik

## JA, ICH MÖCHTE ABONNIEREN!

Mit einem Abonnement ist der Bezug von bis zu 5 Ausgaben pro Erscheinung und Lieferadresse möglich. Dazu einfach die weiteren EmpfängerInnen eintragen und Heft kommt auf den Tisch. **Online-Zugang inklusive.**

<b>Anrede / Akad. Titel</b>	_____	<b>Rechnungsadresse</b>	_____
<b>Vor- / Nachname</b>	_____		Straße
<b>Position</b>	_____		PLZ
<b>Firma</b>	_____		Stadt
<b>Außenstelle / Filiale</b>	_____		Bundesland
<b>E-Mail</b>	_____		Land
<b>UID Nummer</b>	_____	<b>Telefonnummer Festnetz</b>	_____
		<b>Telefonnummer Mobil</b>	_____

#### 2. EmpfängerIn

<b>Anrede / Akad. Titel</b>	_____
<b>Vor- / Nachname</b>	_____

#### 3. EmpfängerIn

<b>Anrede / Akad. Titel</b>	_____
<b>Vor- / Nachname</b>	_____

#### Lieferadresse

#### Andere Lieferadresse

**wie Rechnungsadresse**

_____
Straße
_____
PLZ
Stadt
_____
Bundesland
_____
Land

#### 4. EmpfängerIn

<b>Anrede / Akad. Titel</b>	_____
<b>Vor- / Nachname</b>	_____

#### 5. EmpfängerIn

<b>Anrede / Akad. Titel</b>	_____
<b>Vor- / Nachname</b>	_____

#### Vermerk / Hinweise

Ich willige in die Verarbeitung und Nutzung meiner personenbezogenen Daten ein und akzeptiere die Datenschutzbedingungen.

Ich habe die **Allgemeinen Geschäftsbedingungen** (s. Rückseite) gelesen und akzeptiere diese vollinhaltlich.

#### Abopreise:

**Österreich** EUR 158,00 netto (EUR 173,80 brutto inkl. Versand)  
**Deutschland** EUR 158,00 netto (EUR 187,00 brutto inkl. Versand)  
**Schweiz** EUR 158,00 netto (EUR 170,00 brutto inkl. Versand)

#### Ort, Datum

\_\_\_\_\_

#### Unterschrift

\_\_\_\_\_

Das ausgefüllte und unterschriebene Abonnementformular senden Sie bitte an:  
 NETZSCHUTZ Magazin – EET Verlag GmbH, Westbahnstraße 7/6a, 1070 Wien,  
 Österreich oder per Mail an [abo@netzschutz-magazin.com](mailto:abo@netzschutz-magazin.com)



Mit diesem QR-Code werden Sie zu unserem Online-Formular geleitet.

## ALLGEMEINE GESCHÄFTSBEDINGUNGEN (AGB)

### 1. Geltungsbereich

Die folgenden allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) gelten für sämtliche Kaufverträge, die mit EET Verlag GmbH mit ihren Kunden in ihrer zum Zeitpunkt der Bestellung jeweils gültigen Fassung abgeschlossen werden und sofern keine gegenteiligen Vereinbarungen getroffen werden. Bei Online-Verträgen wird Sie die EET Verlag GmbH zu diesem Zweck ersuchen, am Ende Ihres Bestellvorganges diese AGB durch Anhängen eines entsprechenden Kontrollkästchens zu akzeptieren.

Als die im Folgenden als NETZSCHUTZ-Website bezeichnete Website gelten die von e2solution Schitz GmbH im Besitz befindliche Domain [www.netzschutz-magazin.com](http://www.netzschutz-magazin.com) und alle zu dieser Domain gehörende Unterseiten.

Mit der Abgabe einer Bestellung erklärt sich der Kunde mit diesen AGB einverstanden und an sie gebunden. Die Lieferungen und Leistungen von EET Verlag GmbH erfolgen ausschließlich aufgrund dieser AGB; zum entsprechenden Kontrollkästchen siehe den ersten Absatz, oben.

Sollten einzelne Bestimmungen dieser AGB ganz oder teilweise unwirksam sein, so bleiben die übrigen Bestimmungen dieser AGB unverändert in Kraft.

### 2. Zustandekommen des Kaufvertrages

Die Bestellung des Kunden stellt ein bindendes Angebot an EET Verlag GmbH zum Abschluss eines Kaufvertrages dar.

Durch Bestätigung der Zustimmung zu den AGB (mittels Kontrollkästchens, siehe dazu bereits den ersten Absatz, oben) und anschließendem Anklicken des Buttons „Zahlungspflichtige Bestellung absenden“ auf der NETZSCHUTZ-Website oder durch die elektronische Zusendung des unterfertigten Abonnementsformulars an die im Abonnementsformular angegebene E-Mail-Adresse gibt der Kunde eine zahlungspflichtige verbindliche Bestellung ab. Die Bestätigung des Zugangs der Kunden-Bestellung erfolgt zusammen mit der Annahme der Bestellung durch Rechnungsversendung und -zugang beim Kunden unmittelbar nach dem Absenden durch automatisierte E-Mail.

Sofern EET Verlag GmbH das Angebot des Kunden wegen der Nichtverfügbarkeit der bestellten Ware nicht annehmen kann, wird der Kunde darüber informiert.

Der Kaufvertrag mit EET Verlag GmbH kommt durch Zugang der Rechnung beim Kunden zustande, mit welcher EET Verlag GmbH die Bestellung des Kunden annimmt. EET Verlag GmbH ist stets bemüht, alle Kundenbestellungen so schnell wie möglich zu bearbeiten.

Die Vertragssprache ist Deutsch. Sämtliche sonstigen Informationen, unser Kundendienst sowie die Beschwerdeerledigung erfolgen ebenfalls in deutscher Sprache. Das Liefergebiet ist: Europäische Union und Schweiz.

### 3. Kaufpreis

Grundsätzlich gilt jener Kaufpreis für die bestellten Waren als vereinbart, wie er sich aus den aktuellen Prospekten, Katalogen, Preislisten, Websites usw. ergibt. Es werden ausschließlich die folgenden Zahlungsmittel akzeptiert: Banküberweisung. Soweit nicht anders angegeben, verstehen sich sämtliche Preisangaben als Tagesbruttopreise einschließlich der gesetzlichen Umsatzsteuer. Versandkosten werden zusätzlich in Rechnung gestellt und gesondert bekanntgegeben. EET Verlag GmbH ist berechtigt, das Transportmittel zu bestimmen.

Zeitschriftenabonnements sind jeweils nach Rechnungslegung für das kommende Jahr im Voraus zur Zahlung fällig. Die Abrechnung erfolgt nach Kalenderjahr, bei unterjährigem Abonnementanstieg erfolgt für das Bestelljahr eine anteilige Abrechnung.

Rechnungen sind sofort nach Erhalt der Rechnung abzugs- und spesenfrei fällig. Bei Zahlungsverzug werden Verzugszinsen in der Höhe von 5% p.a. verrechnet. Unabhängig davon sind EET Verlag GmbH sämtliche aufgrund des Zahlungsverzuges erwachsende Schäden binnen 14 Tagen ab Aufforderung zu ersetzen.

Preise gelten – soweit keine anderslautende Vereinbarung getroffen wurde – jeweils für 30 Tage. Preisänderungen (= Preiserhöhungen und Preissenkungen) bleiben – auch bei Fixpreisvereinbarung – vorbehalten, wenn und sobald sich für den Buch- und Zeitschriftenhandel insgesamt fiskalische Abgaben, tarifgebundene Frachten, Rohstoffpreise und sonstige Kosten, die nicht vom Willen der EET Verlag GmbH abhängen, ändern. Nach Ablauf der bestätigten Frist werden neue Preisvereinbarungen getroffen; bis zu deren Vorliegen gelten die bisher vereinbarten Preise nach vorgenannter Maßgabe weiter.

### 4. Eigentumsvorbehalt

EET Verlag GmbH behält sich das Eigentum an den gelieferten Waren bis zur vollständigen Bezahlung des Kaufpreises vor. Für den Fall der Weiterveräußerung durch den Kunden wird der Eigentumsvorbehalt verlängert und schon jetzt vereinbart, dass der Kunde jedwede Forderung, die ihm gegenüber seinem Vertragspartner aus der Weiterveräußerung entsteht, an EET Verlag GmbH abtrifft.

### 5. Gewährleistung und Schadenersatz

Die EET Verlag GmbH ist bemüht, ihre Produkte mit größtmöglicher Sorgfalt herzustellen. Für inhaltliche Fehler übernimmt die EET Verlag GmbH keinerlei Haftung. Für Verbraucher iSd österreichischen Konsumentenschutzgesetzes („KSchG“) wird von EET Verlag GmbH Gewähr im gesetzlichen Ausmaß (= §§ 922 bis 933b des österreichischen Allgemeinen Bürgerlichen Gesetzbuches, „ABGB“) geleistet.

Für alle durch schuldhafte Vertragsverletzung verursachten Schäden haftet EET Verlag GmbH nur, wenn diese durch zumindest grob fahrlässiges Verhalten seiner Mitarbeiter oder Erfüllungsgehilfen verursacht wurde, wobei dieser Haftungsausschluss für leichte Fahrlässigkeit nicht für Personenschäden und auch nicht für Ansprüche aus dem österreichischen Produkthaftungsgesetz („PHG“) gilt. Gegenüber Unternehmern gilt zusätzlich Folgendes: Der Haftungsbetrag ist im Falle leichter Fahrlässigkeit jedenfalls mit der halben Höhe des haftungsgegenständlichen Kaufpreises begrenzt, wobei dies gilt für den Fall des Verzuges oder der Unmöglichkeit der Leistung ebenso. .

### 6. Widerrufsrecht – nur für Konsumenten iSd KSchG

Verbraucher iSd österreichischen Konsumentenschutzgesetzes („KSchG“), nicht aber Unternehmer iSd KSchG, haben das Recht, binnen vierzehn Tagen ohne Angabe von Gründen den Kaufvertrag zu widerrufen, es sei denn, es handelt sich um einzelne Zeitungen, Zeitschriften und Illustrierte, mit Ausnahme von Abonnement-Verträgen über die Lieferung solcher Publikationen.

Die Widerrufsfrist beginnt

(I) bei Dienstleistungsverträgen mit dem Tag des Vertragsabschlusses,  
(II) bei Kaufverträgen und sonstigen auf den entgeltlichen Erwerb einer Ware gerichteten Verträgen

a) mit dem Tag, an dem der Verbraucher oder ein vom Verbraucher benannter, nicht als Beförderer tätiger Dritter den Besitz an der Ware erlangt,

b) wenn der Verbraucher mehrere Waren im Rahmen einer einheitlichen Bestellung bestellt hat, die getrennt geliefert werden, mit dem Tag, an dem der Verbraucher oder ein vom Verbraucher benannter, nicht als Beförderer tätiger Dritter den Besitz an der zuletzt gelieferten Ware erlangt,

c) bei Lieferung einer Ware in mehreren Teilsendungen mit dem Tag, an dem der Verbraucher oder ein vom Verbraucher benannter, nicht als Beförderer tätiger Dritter den Besitz an der letzten Teilsendung erlangt,

d) bei Verträgen über die regelmäßige Lieferung von Waren über einen festgelegten Zeitraum hinweg mit dem Tag, an dem der Verbraucher oder ein vom Verbraucher benannter, nicht als Beförderer tätiger Dritter den Besitz an der zuerst gelieferten Ware erlangt.

(III) bei einem Vertrag, der die nicht in einem begrenzten Volumen oder in einer bestimmten Menge angebotene Lieferung von Wasser, Gas oder Strom, die Lieferung von Fernwärme oder die Lieferung von nicht auf einem körperlichen Datenträger gespeicherten digitalen Inhalten zum Gegenstand hat, mit dem Tag des Vertragsabschlusses.

Um sein Widerrufsrecht auszuüben, muss der Verbraucher die EET Verlag GmbH, Westbahnstraße 7/6a, 1070 Wien, Tel.: +43-676-972 72 69, E-Mail: [office@netzschutz-magazin.com](mailto:office@netzschutz-magazin.com), mittels einer eindeutigen Erklärung (z. B. ein mit der Post versandter Brief, Telefax oder E-Mail) über seinen Entschluss, diesen Vertrag zu widerrufen, informieren. Die Widerrufserklärung erfolgt grundsätzlich formfrei. Verbraucher können dafür das in der Anlage zu diesen AGB zur Verfügung gestellte Widerrufsformular verwenden, das aber nicht verpflichtend ist. Die Rücktrittsfrist ist gewahrt, wenn die Rücktrittserklärung innerhalb der Frist abgesendet wird.

Die Rückzahlung des Kaufpreises erfolgt Zug um Zug gegen Rückgabe der verlagsneuen, unbeschädigten Ware. Die Kosten für die Rücksendung gehen zu Lasten des Kunden. Bei beschädigten oder durch Gebrauchsspuren beeinträchtigten Waren hat der Kunde einen für die Wertminderung angemessenen Ersatz zu bezahlen, sofern dieser Wertverlust auf einen zur Prüfung der Beschaffenheit, Eigenschaft und Funktionsweise der Ware nicht notwendigen Umgang mit den Waren zurückzuführen ist. Gleiches gilt, wenn bei der Rückgabe Zubehör oder Teile fehlen.

Wie bereits eingangs erwähnt: Kein Widerrufsrecht besteht bei einzelnen Zeitungen, Zeitschriften und Illustrierten mit Ausnahme von Abonnement-Verträgen.

### 7. Zeitschriftenabonnements, Sammelwerke und Datenträger

Datenträger und Sammelwerke (Abonnementwerke, Loseblattaussagen usw.) werden im Abonnement, sofern nicht ausdrücklich anders vereinbart, zur Fortsetzung bis auf Widerruf vorgemerkt. Der Widerruf hat schriftlich zu erfolgen und entfaltet keine Wirksamkeit für bereits erhaltene, sondern nur für zukünftige Lieferungen.

Zeitschriftenabonnements, die bei EET Verlag GmbH erscheinen, verlängern sich automatisch um ein Jahr, sofern nicht bis spätestens 31. Oktober des laufenden Abonnementjahres eine schriftliche Kündigung bei EET Verlag GmbH eingelangt ist.

### 8. Online-Zugang

Der Kunde erhält nach Vertragsabschluss eines Jahres-Zeitschriftenabonnements einen Online-Zugang über alle bereits erschienenen sowie die laufend neu erscheinenden Artikel der Papier-Ausgaben für das jeweilige Kalenderjahr auf der NETZSCHUTZ-Website.

Die Bereitstellung der entweder durch In-App-Käufe oder über die NETZSCHUTZ-Website erworbene Online-Ausgaben von Zeitschriften erfolgt grundsätzlich unbegrenzt, wobei keinerlei Haftung für die Abrufbarkeit aufgrund technischer Änderungen übernommen wird.

Sämtliche Inhalte sind urheberrechtlich geschützt und es wird durch den gegenständlichen Vertrag keine Lizenz zur gewerblichen weiteren Nutzung eingeräumt.

### 9. Datenschutz

Die Mitarbeiter der EET Verlag GmbH unterliegen den Geheimhaltungsverpflichtungen des Datenschutzgesetzes.

Der Kunde stimmt zu, dass die im Vertrag angeführten Daten über den Kunden, nämlich Name, Adresse, E-Mail-Adresse, Telefonnummer, für Zwecke der Buchhaltung, der Kundenevidenz und der in § 10 genannten Werbung/Marketing gespeichert, verarbeitet und genutzt werden dürfen. Diese Zustimmung kann vom Kunden jederzeit widerrufen werden (§28 DSGVO 2000).

### 10. Zustimmung zur Datenverwendung für Werbezwecke

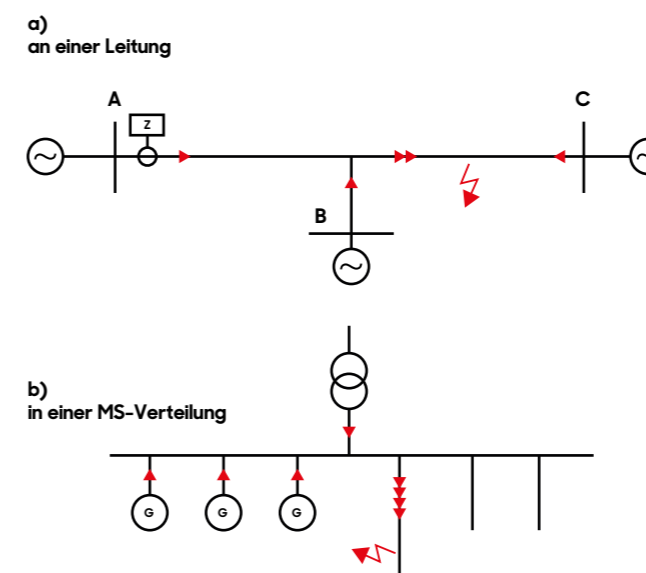
Der Kunde stimmt mit seiner Bestellung zu, von der EET Verlag GmbH gelegentlich per E-Mail oder telefonisch über Produkte der EET Verlag GmbH informiert zu werden. Diese Zustimmung kann jederzeit durch E-Mail an [office@netzschutz-magazin.com](mailto:office@netzschutz-magazin.com) oder Tel.: +43 676 / 972 72 69 widerrufen werden. Überdies wird jede entsprechende elektronische Kommunikation (E-Mail) eine klare und deutliche Möglichkeit erhalten, eine solche Nutzung der elektronischen Kontaktinformation bei jeder Übertragung kostenfrei und problemlos abzulehnen.

### 11. Schlussbestimmungen

Erfüllungsort ist für beide Vertragsteile Wien. Es gilt ausschließlich österreichisches materielles Recht unter Ausschluss seiner international-privatrechtlichen Verweisungsnormen und des UN Kaufrechts. Gegenüber Unternehmen iSd KSchG wird als ausschließlicher Gerichtsstand das örtlich und sachlich für den Sitz von EET Verlag GmbH zuständige Gericht vereinbart. Sofern ein Kunde Konsument im Sinne des KSchG ist, ist für allfällige Rechtsstreitigkeiten jenes Gericht zuständig, in dessen Sprengel der Wohnsitz, der gewöhnliche Aufenthalt oder der Ort der Beschäftigung des Kunden liegt.



Abb. 3 Fehlerstromverläufe bei Zwischeneinspeisung



© Alexander Baumann / Adobe Stock

## WANDLERSÄTTIGUNG

Mit einer Differentialschutz-Simulation einer Kabelstrecke inkl. Wandlersättigung in Mathlab kann die Wirkungsweise eines neuen Verfahrens für Stromwandlersättigung – siehe Beispiel **Abb. 4** – überprüft und optimiert werden. Dieser auf der Auswertung von Harmonischen im Sekundärstrom basierende Algorithmus verspricht eine Korrektur für Betrag und Winkel auch bei sehr starker Stromwandlersättigung – W. Fromm, HTWG Konstanz.

## STÖRUNGSANALYSEN

Von einer Gruppe von Vortragenden wurde eine Vielzahl von Störungsanalysen präsentiert, die eindrucksvoll u. a. Netzpendelungen durch kurzzeitige Kurzschlussereignisse, Überspannungen in Netzen durch 1-polige AWE im vorgelagerten Netz oder regionale Spannungsenkungen bei einem Kurzschlussereignis in Abhängigkeit von der Windpark-Erzeugungsleistung zeigen.

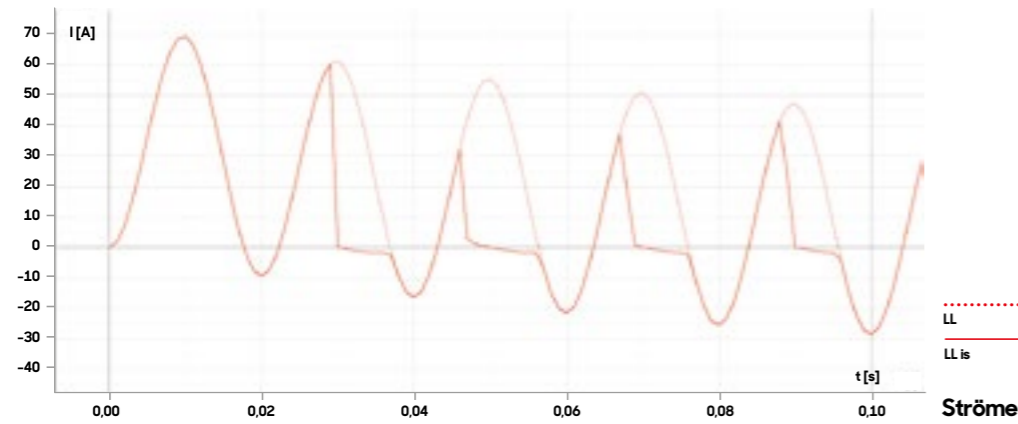


Abb. 4 Beispiel einer Wandlersättigung

Am Beispiel eines Off-Shore-Netzes wurde der Einfluss der Qualität von Strom und Spannung auf den Betrieb von Schutzeinrichtungen gezeigt. Hier kommt es durch Reihenresonanzeffekten zu einem dominanten 100-Hz-Anteil in Strom und Spannung, der zu Fehlanregungen der Distanzschutzgeräte, auch bei abgeschalteter Leistungselektronik, führt – *J. Meyer, TU Dresden.*

#### IT-SECURITY

In einem eigenen Workshop zu Anwendungen und Informationssicherheit in Kommunikationsnetzen wurden von einer Gruppe von Vortragenden Vorschriften, Information Security Management Systems – ISMS – und Kommunikationstopologien präsentiert.

Ein weiterer Beitrag beleuchtete das Thema beginnend bei den notwendigen Definitionen und firmenweiten Regelungen bis hin zur Topologie von Schutz-/Leittechnik-Netzwerken – *O. Skrbinjek, Energie Steiermark GmbH.*

#### VERIFIZIERUNG VON SCHUTZEINSTELLUNGEN KONFORMITÄTSÜBERWACHUNG

Für eine zuverlässige Übernahme von Systemdienstleistungen wie Frequenz- und Spannungshaltung durch dezentrale Erzeugungsanlagen – DEA – ist im ersten Schritt die frühzeitige Definition und Quantifizierung erforderlicher Systemdienstleistungen von/an die Erzeugungsanlagen durch Netzanschlussregeln notwendig. In einem zweiten Schritt muss sichergestellt werden, dass Anforderungen der Netzanschlussregeln durch DEA auch wirklich eingehalten werden. Dazu sind Nachweisverfahren wie Inspektionen etc. einzuführen. Die bisherige Praxis der Nachweisverfahren kon-

zentrierte sich v. a. auf Planung und Inbetriebnahme, wo hingegen wiederkehrende Prüfungen der Erzeugeranlagen und der Zyklus der Wiederholungsprüfungen nicht einheitlich geregelt waren. In der nationalen Umsetzung des EC Network Codes in Deutschland, VDE-AR-N 4100 und ff., werden u. a. diese Punkte entsprechend geregelt – *S. Brandt, FGH GmbH.*

#### SCHUTZEINSTELLTOOLS

Der völlige Datenaustausch zwischen gängigen Einzelsystemen wie Netzberechnung, Netzleitsystem-Berechnung, Betriebsmittel-Datenbank, Schutzeinstellungen etc. ist nicht machbar. Eine praktische Ausführung zeigt, wie die Betriebsmitteldatenbank als Schlüssel-Datenquelle herangezogen wurde, mit der über eine zentrale Datenbank Einstell-, Schutzprüf- und Wandlerprüfdaten an Netz-, Schutz- und Leittechnikberechnungstools weitergegeben werden. Von einem Schutzberechnungstool erfolgt eine Daten-Rückkopplung an die Datenbank – *A. Ludwig, 50Hertz, H. Grünert, GSC.*

#### AUTOMATISIERTE BEWERTUNG DES SCHUTZVERHALTENS

Im Prinzip werden während Störfällen auftretende Anomalien, die zuvor durch Regeln zu definieren sind, aus den von den Stationen übermittelten Daten aufgezeigt. Dadurch können Fehlfunktionen und falsche Einstellungen erkannt werden – *L. Philippot, Netceler.*

Zum Schluss eine Anmerkung der Redaktion: Einige der Vorträge sind in voller Länge bereits in der Februar-Ausgabe der „netzpraxis“ erschienen. Weitere werden in der April-Ausgabe zu lesen sein: [www.ew-online.de](http://www.ew-online.de).

#### Quellen

- 1 DENA, Sicherheit und Zuverlässigkeit einer Stromversorgung mit höherem Anteil an erneuerbaren Energien, DENA, Berlin, 2014.
- 2 R. S. Altschaeffl, Einfluss von Wechselrichtern im Verteilnetz auf Kurzschlüsse im Übertragungsnetz, VDE-FNN, Berlin, 2016.
- 3 Digsilent GmbH, Broschüre Stationware 2016, Digsilent, Gomaringen, 2016.
- 4 T. Aschwanden, Leistungsschalter in Kraftwerksanlagen, Electro Suisse ETG, 2016.

# Nehmen Sie doch einfach den SVERKER 900



## SVERKER900

### Schaltanlagen 3-phasig prüfen

Mehr als eine Alternative! Mit dem Color-Touchscreen des SVERKER 900 werden Ihre dreiphasigen Sekundär- und Primärprüfungen einfacher, intuitiver, effizienter. Einphasig nutzen Sie bis 105 A AC oder 900 V AC. Die Strom- und Spannungsquellen schließen Sie in Reihe oder parallel. Amplitude, Phasenwinkel und Frequenz sind einzeln einstellbar u.v.m. Über 20.000 verkaufte Geräte machen die SVERKER-Produktserie (früher von Programma) zum beliebtesten Schutzprüfsystem weltweit.

- Einphasig 900 V und 105 A
- Stand-Alone einsetzbar
- Drei Ströme, vier Spannungen
- Sekundär- und Primärprüfungen

Entdecken Sie die Welt der Megger Mess- und Prüftechnik:  
[www.megger.at](http://www.megger.at)

**Megger**<sup>®</sup>  
Power on

# ETAPPEN DER INNOVATION

## DEM LICHTBOGEN AUF DER SPUR

Ging es in den Anfängen zunächst um die Löschung durch Primärschaltelemente, sind es heute vor allem modulare oder in Schutzgeräten integrierte Lichtbogenschutzeinrichtungen, die in Millisekunden Auslösebefehle absetzen und so maßgeblich zur Sicherheit beitragen.

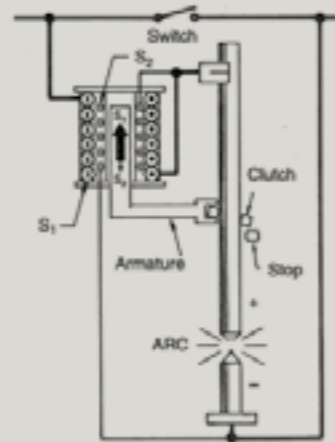
### NUTZUNG DES LICHTBOGENS

Grundversuche sowohl zur Glühlampe als auch zur Bogenlampe demonstrierte *Humphrey Davy* (UK) 1812 in der Royal Institution in London. Er zeigte einen 3 Zoll (76 mm) langen Lichtbogen. Für die elektrische Beleuchtung wird der Lichtbogen in den 1840er-Jahren verwendet. Dazu wurden Kohlenstäbe aneinandergestoßen und dann 2 bis 3 mm zurückgezogen, um eine Lichtbogen zu zünden. [1] **Abb. 1** zeigt die Steuerung einer Lichtbogenlampe. Um Wartungsarbeiten durchführen zu können, wurde der Schalter geschlossen und der Lichtbogen verlöschte.

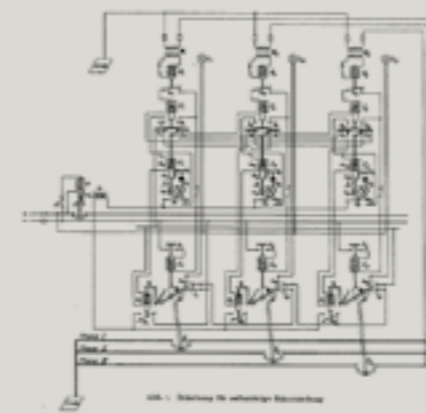
### LICHTBOGENLÖSCHUNG

Da die Entstehung von Lichtbögen nicht immer verhindert werden kann, wurden Lösungen entwickelt, die die Auswirkungen verringern. In Anlehnung an eine US-amerikanische Praxis des sogenannten „arcing ground suppressors“ werden 1916 an Leiter-Erde geschalteten Spannungswandlern Nullspannungsrelais angeschlossen. Diese überbrücken mittels eines einpoligen Ölkesselschalters den erdschlussbehafteten Leiter im Kraftwerk gegen Erde, sodass dem Lichtbogen die Energie entzogen wird. Sobald der Ölschalter seine Hauptbahn geschlossen hat, erteilt ein paralleler Kontakt einen Aus-Befehl. Besteht nun der Erdschluss immer noch, wird er wieder eingeschaltet und bleibt in dieser Stellung – siehe **Abb. 2**.

Als Maßnahme zur Begrenzung des Kurzschlussstromes machen *E.Marx* u. *L.Schmitz*, CALOR-EMAG, 1955 Vorschläge zur Stosskurzschlussstrombe-



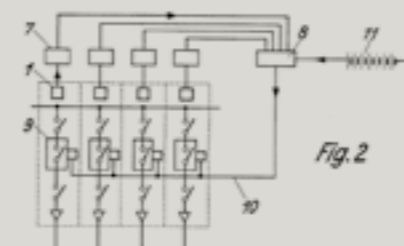
**Abb. 1** Steuerung bei Lichtbogenlampe



**Abb. 2** Schutzerdungseinrichtung, 1916



**Abb. 3**  $I_s$ -Begrenzer in Schaltfeld



**Abb. 4** Lichtbogenerfassung, Roth, 1963

grenzung. Im Jahre 1959 fertigt CALOR-EMAG den  $I_s$ -Begrenzer [2] (siehe „Ursachen, Auswirkungen und Maßnahmen“ ab Seite 4), das schnellste Schaltgerät der Welt, welches den ansteigenden Kurzschlussstrom bereits nach etwa 0,5 ms begrenzt – siehe **Abb. 3**.

### LICHTBOGENÜBERWACHUNG

Am 30.6.1963 wird *Adrian Werner Roth*, Rombach (Aargau, CH), Sprecher & Schuh AG, das Patent CH370158 „Vorrichtung zum Schutz zur Lichtbogenwirkung in einer Starkstromanlage“ erteilt. In **Abb. 4** ist 1 eine Photozelle, welche über einen Verstärker und eventuell Differentiator 7 auf ein Relais 8 einwirkt; die verwendete lichtempfindliche Zelle kann auf dem Prinzip der Widerstandsänderung, der photoelektrischen Spannung oder einer Sperrschichtwirkung beruhen. Das Relais 8 gibt dann den Auslösebefehl an alle Leistungsschalter.

1969 fertigt Sprecher & Schuh das elektronische Lichtbogen-Überwachungsrelais ERW. Dieses für Hoch- und Mittelspannung geeignete Gerät verzichtet auf Signale von Strom- und Spannungswandlern, indem es direkt die Helligkeit eines auftretenden Lichtbogens erfasst. Damit wird in der selbst in elektronischen Schutzrelais unerreichten Eigenzeit von einer Millisekunde eine Kurzschlussabschaltung eingeleitet. Durch ein zusätzliches Speisegerät benötigt es keine Gleichstrombatterie und kann durch einen eingebauten, unbegrenzt lagerfähigen Akkumulator selbst nach einem vieltägigen Netzausfall mehrere Abschaltungen einleiten. [4]

Mit der Entwicklung der luftisolierten metallgekapselten Mittelspannungsschaltzellen CSI1-10 beim Starkstromanlagenbau Erfurt im Jahre 1970 und später „Otto Buchwitz“ Starkstrom-Anlagenbau Dresden (OBSAD) entstand ein auf Druckwelle reagierender Klappenschutz. Der Sammelschienen- und der Geräteraum sind gesonderte Schottungsräume – siehe **Abb. 5**. Die Abdeckung besteht aus zwei Klappen 3, die beim Öffnen einen Stößeltaster (micro switch) betätigen. Um bei mechanischen Erschütterungen (z. B. Leistungsschalterbetätigung) ein Fehlansprechen zu vermeiden, sind die Klappen mit Plasteschrauben bzw. Blechstreifen gesichert, die dann bei Druckanstieg abscheren bzw. aufbiegen.

**Abb. 6** zeigt die Auslösefunktion bei den verschiedenen Fehlerorten. Bei einem Fehler im SS-Raum lösen die Leistungsschalter der Zuleitungszellen und der Kupplung aus. Ebenso bei einem Fehler im Geräteraum. Um eine weitere Speisung des Lichtbogens durch die Gegenstation zu vermeiden, wird zusätzlich in der fehlerbehafteten ELB-Z-Zelle der mit einem Federspeicher versehene Erdungstrenner geschlossen. Damit wird dem Lichtbogen die Energie entzogen und der Schutz in der Gegenstation kommt zur Auslösung. Zum Ansprechen des Klappenschutzes ist ein Mindestkurzschlussstrom von 2 kA erforderlich.

Für feststoffisolierte Anlagen (z. B. ASIF36 für 36 kV) und gasisolierte Schaltanlagen entwickelte OBSAD 1975 eine Anlagenschutzschaltung, bei

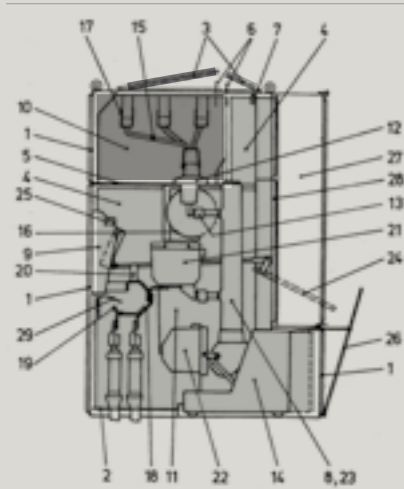


Abb. 5 CSI-Schaltzelle, OBSAD, 1970

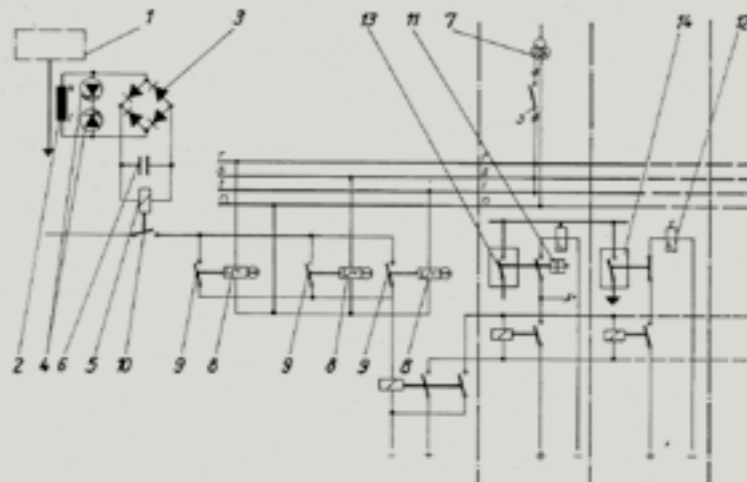


Abb. 7 Gestellschlusschutz, OBSAD, 1970

Abb. 6 Funktion des Klappenschutzes, OBSAD, 1970

ICH-Angebotsverzeichnis Ord.-Nr. 512/675 Seite 4/5  
 Tabelle 7 Schaltungspläne bei Lichtbogenkurzschlüssen in einer Schaltanlage der Bauart ELB (Bogenf.)

	ELB-Z	ELB-Z	ELB-Z	ELB-A	ELB-A	ELB-Z	ELB-Z
Handschaltungen	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]
Wählungen	LS aus	LS aus	LS aus	---	---	LS aus	---
	LS aus	LS aus	LS aus	---	---	---	LS aus
	LS aus	KS ein	LS aus	---	---	LS aus	---
	---	KS ein	KS ein	---	---	---	---
	---	KS ein und LS aus	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---	---

Zeichenerklärung: LS = Leistungsschalter  
 KS = Kurzschalter  
 Ø = Durchführung



Abb. 8 Isolierte Aufstellung bei ASIF36, OBSADf



Abb. 9 Lichtbogenwächter LBW11, AEG Sachsenwerk, 1989



Abb. 10 VAMP140, VAMP, 1994

der die Schaltanlage von der Stationserde isoliert ist (Abb. 7 und Abb. 8) und über einen Niederspannungswandler geerdet wird. [5] Zeitgleich kommt eine analoge Lösung bei der gasisolierten Schaltanlage GSAS für 123 kV beim Transformatorenwerk Oberschöneweide (TRO) zur Anwendung.

Mit der Entwicklung der CSIM3-12, OBSAD, im Jahre 1977 wird ein photooptischer Anlagenschutz realisiert, der bereits beim Erdschlusslichtbogen reagiert. Eine integrierte Prüfschaltung ermöglicht eine Funktionsprüfung während des Betriebes. [6]

1989 fertigt AEG Sachsenwerk das Lichtbogenwächtersystem LBW - siehe Abb. 9. Die beim Auftreten eines Lichtbogens emittierte Strahlung wird von einem Sensor FG12C erfasst, der ein entsprechendes elektrisches Signal

an den Lichtbogenwächter LBW11 abgibt. Im Lichtbogenwächter wird das Signal verstärkt, bewertet und ggf. die Kontaktstellung des im LBW eingebauten Relais geändert. Der Lichtbogenwächter reagiert nur auf dynamische Lichterscheinungen, d. h. auf sehr schnellen Lichtanstieg (z. B. Zünden eines Lichtbogens). Auf statische Lichterscheinungen (z. B. Sonneneinstrahlungen, Handlampen usw.) bzw. langsamen Helligkeitsanstieg spricht der Lichtbogenwächter nicht an. Wenn gleichzeitig eine Überstromanregung auf einer Einspeisung auftritt, werden alle Einspeiseschalter und die Kuppelschalter des gestörten Schaltanlagenbereiches ausgelöst. Eine Wiedereinschaltung ist gesperrt und erst nach Betätigen einer Quittierungstaste möglich. Die Ansprechzeiten liegen bei 1 bis 20 ms.

VAMP fertigt seit 1994 den optischen Sensor VA1DA und nutzt diesen weltweit als Erster ab 1996 optional in den Schutzrelais, wie z. B. VAMP 140 in Abb. 10. 1998 wird das 1-Zonen-System beim VAMP 3AX5 und 2004 das 4-Zonen-System beim VAMP 221 eingeführt. Passive Fasern „Loop-Typ“ kommen 2005 zum Einsatz.

Abb. 11 zeigt das heutige Sortiment an dezentralen Modulen für den Lichtbogenschutz in Mittelspannungsschaltzellen bzw. -Sammenschienen (V221, V321, Bogen-Schutz-System I/O-Einheiten VAM 3LSE, 4CSE, 10LSE, 3LXSE, 4CDSE, 10LDSE, 12LDSE). [7]

ABB entwickelt 2001 das Lichtbogenschutzrelais REA101 - siehe Abb. 12.

Ab 1991 wird der Einsatz von optoelektronischen Lichtbogenerfassungs-



Abb. 11 Dezentrale Lichtbogenmodule, VAMP

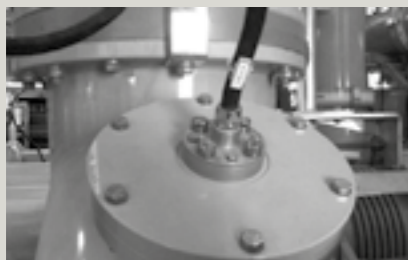


Abb. 13 Sensor, Vogl Electronic

Abb. 14 Zentraleinheit, Vogl Electronic



systemen in gasisolierten Schaltanlagen untersucht. **Abb. 13** und **Abb. 14** zeigen Sensor und Zentraleinheit von Vogl Electronic. [9]

Die 2010 von einigen Lichtbogen-schutzexperten gegründete Arcteq lieferte bereits 2011 ihr erstes Lichtbogenschutzsystem mit Fotodioden als Punkt- und Lichtwellenleiter als Liniensensoren aus – siehe S. 34.

Mit der Einführung der Siprotec 5-Serie bei Siemens wurde der Lichtbogenschutz optionaler Bestandteil der Schutzrelais 7SJ8, 7SA8, 7SD8, 7SL8, 7VK8, 7SK8, 7UT8 und 7UM8. In der Siprotec 5-Serie können unter Verwendung des Lichtbogenschutzmoduls PIZ1966 pro Steckmodul bis zu 3 optische Punkt- oder Liniensensoren angeschlossen werden. **Abb. 15** zeigt einen Querschnitt durch eine NXAIR Schaltanlage. Die dargestellten Punkt-sensoren inkl. Zuleitung werden so platziert, dass Lichtbögen im Sammel-



Abb. 12 Lichtbogenschutzrelais REA101, 103 und 105

schienenraum, Leistungschalterraum sowie im Kabelanschlussraum sicher erkannt werden. Die Erkennung von Lichtbögen erfolgt entweder nur optisch oder optional unter Verwendung eines zusätzlichen Stromkriteriums zur Verhinderung einer Überfunktion.

#### Walter Schossig,

geb. 1941, Autor des Buches „Netzschutztechnik“ und der History-Serie in der PAC World. Als Absolvent der Ingenieurschule Elektroenergie Zittau arbeitete er über 40 Jahre als Elektroingenieur, von 1967 an war er bei der Thüringer Energie AG, Erfurt, für Relaischutz verantwortlich. Mitarbeit im VDEW-AA „Relais- und Schutztechnik“, im Normenausschuss DKE K434 „Messrelais und Schutzzeirrichtungen“ und im Bayernwerk-AK „Schutzzeirrichtungen“. Bis heute aktiv im VDE AK.

Lesen Sie mehr Details zur Lichtbogenerfassung und PEHLA-Prüfung in der Langversion auf unserer Website: [www.netzschutz-magazin.com](http://www.netzschutz-magazin.com)

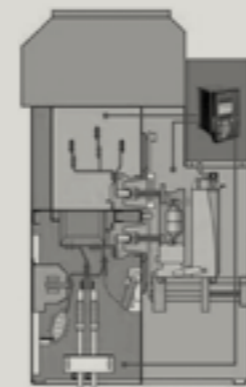


Abb. 15 Schaltanlage NXAIR

#### Quellen

**1** S. Jeszenszky, Vergessene Lichtquellen aus dem goldenen Zeitalter der Elektrotechnik, Band 26, Hg. F. Dittmann; G. Luxbacher, Geschichte der elektrischen Beleuchtung, Berlin, Offenbach 2017, S. 65–91

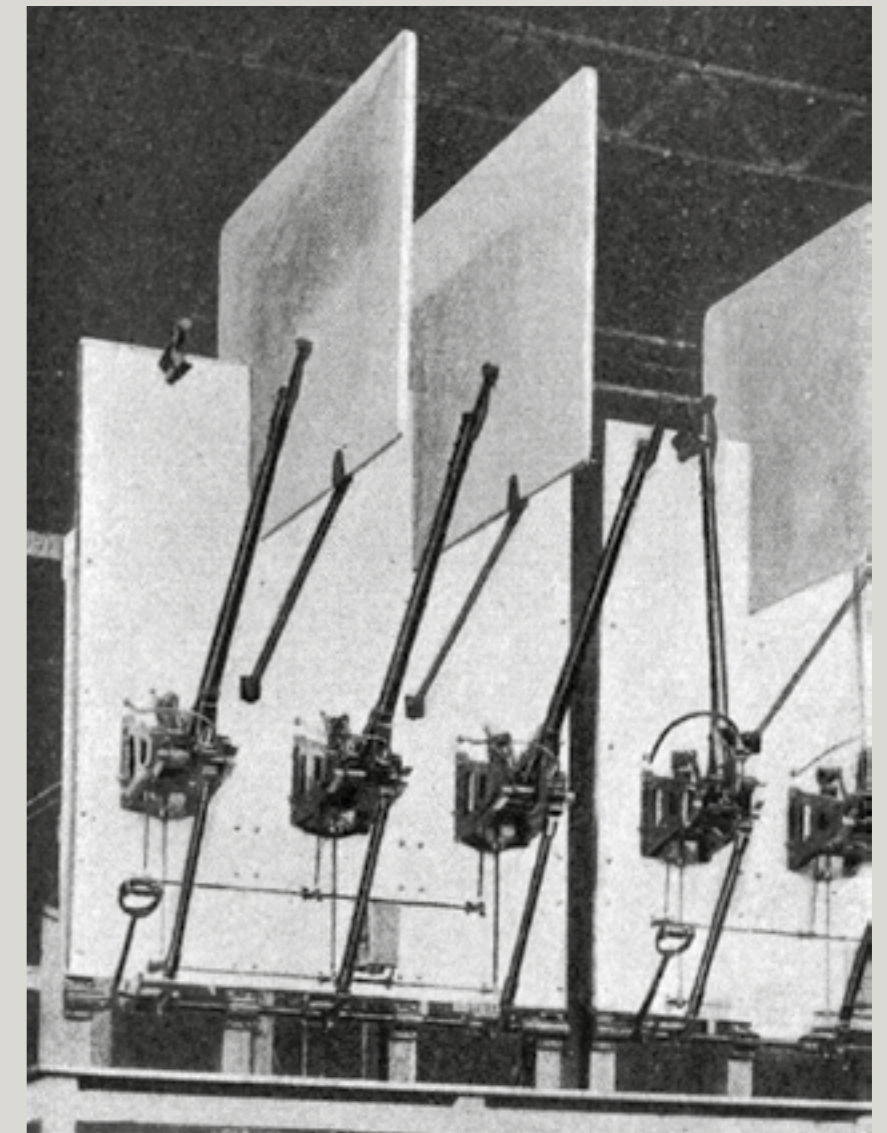
**2** C. Böttger, Betrachtungen über die Anwendung von I<sub>2</sub>-Begrenzern in Drehstromanlagen. In: Sonderdruck aus CALOR-EMAG-Mitteilungen I 1965, S. 1–10  
**3** Vom Lichtschalter bis zur gasisolierten Schaltanlage für eine

Million Volt. In: ABB about 3/2014, S. 6–11  
**4** A. Kolar, Leitungs- und Netzschutz aus nationaler und internationaler Sicht. In: Industrie Rundschau Zürich 10/1969, S. 25–43  
**5** W. Beck; K. Lindner; J. Fechner, Schaltungsanord-

nung zum Schutz feststoff- oder gasisoliierter Schaltanlagen. DDR-Pat. 110984 vom 12.01.1975  
**6** K. Killiches; J. Fechner; J. Gernreich; M. Hesse, Prüfbar Schaltungsanordnung zum Abschalten elektrischer Schaltanlagen bei Störlicht-

bögen, DDR-Pat. 129512 vom 03.01.1977  
**7** K. Kennet Nyman, Arc protection history at VAMP, Schneider Electric, 08.01.2018  
**8** VSV selects Arcteq, <http://arcteq.fi/references/vsv->

selects-arcteq/vom 17.06.2017  
**9** M. Meiß, E. Reuter, F. Vogl, Einsatz von optoelektronischen Lichtbogenerfassungssystemen in gasisolierten Schaltanlagen. In: Elektrizitätswirtschaft 93/1994, S. 1.598 – 1.602



# FÜR JEDEN FALL DAS RICHTIGE

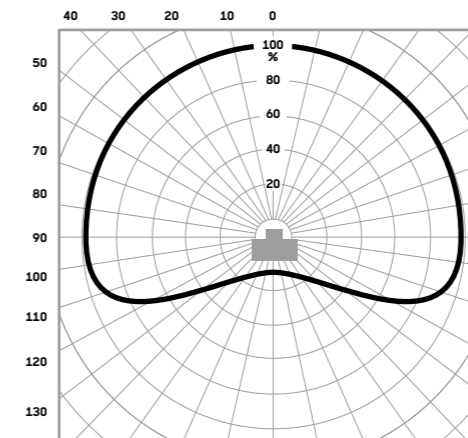


Abb. 1 Bereich der  
Lichterfassung

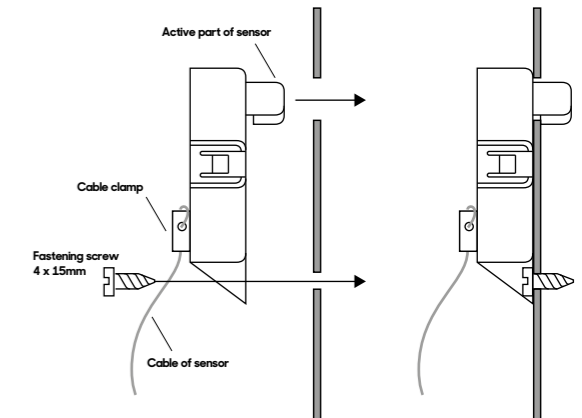


Abb. 2 Seitenansicht  
eines Punktsensors  
vor/nach Einbau

Wie bei allen anderen Schutzfunktionen gibt es auch beim Lichtbogenschutz eine Vielzahl an Fabrikaten und Varianten. Wir geben Ihnen eine Übersicht und zeigen die spezifischen Eigenschaften der bekannten Produkte.

**Peter Schitz,**  
geb. 1972, Absolvent der Höheren Technischen Lehranstalt Wien 10 für elektrische Energietechnik, 13 Jahre bei VA TECH ELIN EBG im Bereich Mittel- und Hochspannung für Infrastruktur/Schwerindustrie. Seit 2007 selbstständiger Hochspannungstechniker in den Bereichen Planung von Energieverteilungen, Konzeption und Inbetriebnahme von Schutztechnik und Netzberechnungen.

Im ersten Artikel dieser Ausgabe wird auf die Notwendigkeit hingewiesen, die Lichtbogendauer zu reduzieren. Dies ist von schutztechnischer Seite nur mit der Erfassung des Lichts möglich. In Verbindung mit einem Stromanstiegssignal wird auch die Zuverlässigkeit garantiert und werden Fehlalarme verhindert.

#### LICHTERFASSUNG

Um das Licht eines Lichtbogens zu erkennen, sind lichtempfindliche Sensoren oder lichtleitende Elemente erforderlich. In der Praxis sind diese verfügbar als:

#### PUNKTSENSOREN MIT FOTODIODEN

Wie der Name schon beschreibt, können diese Sensoren Licht nur von einem bestimmten Punkt und somit nur in einem eingeschränkten Bereich detektieren – siehe **Abb. 1**. In Folge werden diese als elektronische Punktsensoren

bezeichnet. Der Einbau erfolgt im Schottraum oder – wie in **Abb. 2** gezeigt – hinter einem Schutzblech, z.B. dem häufig vorhandenen blechernen Steuerkabelkanal im Kabelanschlussraum. Damit sind Anschlussleitung und Sensor selbst vor den extremen Bedingungen im Kurzschlussfall geschützt [1].

#### PUNKTSENSOREN MIT LICHTWELLENLEITER (LWL)

Eine weitere Variante von Punktsensoren ist als isolierter Lichtwellenleiter mit einem lichtempfindlichen Bereich in einem Sensorkopf an einem Ende ausgeführt – siehe **Abb. 3**. Diese weisen einen ähnlichen Detektionsbereich auf wie Punktsensoren mit Fotodioden – vgl. **Abb. 1**.

#### LINIENSSENSOR MIT LICHTWELLENLEITER

Diese Sensortype besteht aus einem je nach Hersteller völlig oder nur im Detektionsbereich unisolierten Lichtwellenleiter – siehe **Abb. 4**.



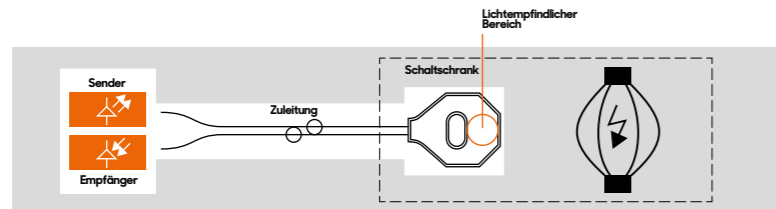


Abb. 3 Beispiel 1 für LWL-Punktsensor [2]

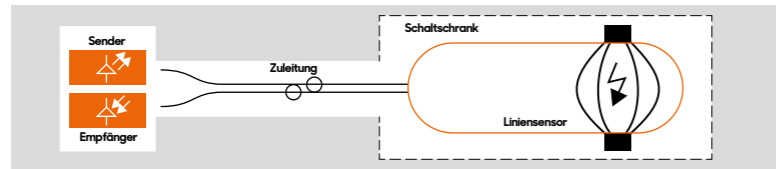


Abb. 4 Beispiel 1: isolierter Verbindungs-LWL und unisolierter Sensor-LWL [2]



Abb. 5 Beispiel 2 für durchgängige Linien-Sensoren mit Auswertegerät [3]

### LICHTSIGNALAUSWERTUNG

Alle zuvor gezeigten Sensoren können auf zwei verschiedene Arten ausgewertet werden:

#### SEPARATE AUSWERTEEINHEITEN

Diese Einheiten sind verfügbar als

- reine Lichtauswertegeräte für den Einsatz in z. B. Windkraftanlagen
- kombinierte Licht-/Stromauswertegeräte

In **Abb. 8** ist das Schema einer Anwendung mit einem kombinierten Licht-/Stromauswertegerät als Master-Gerät in der Einspeisung dargestellt. Dieses Gerät verfügt über die notwendigen Stromeingänge – meist drei Phasen – und einen Erdstromeingang. Für verschiedene Lichtsensor-Typen und eine variierende Anzahl von Sensoren werden vom Hersteller auf Bestellung entsprechende Eingangskarten eingebaut.

Um die Kabellängen kurz zu halten, werden die Lichtsensoren der Abgänge dezentral auf ein E/A-Modul für Punktsensoren geführt und

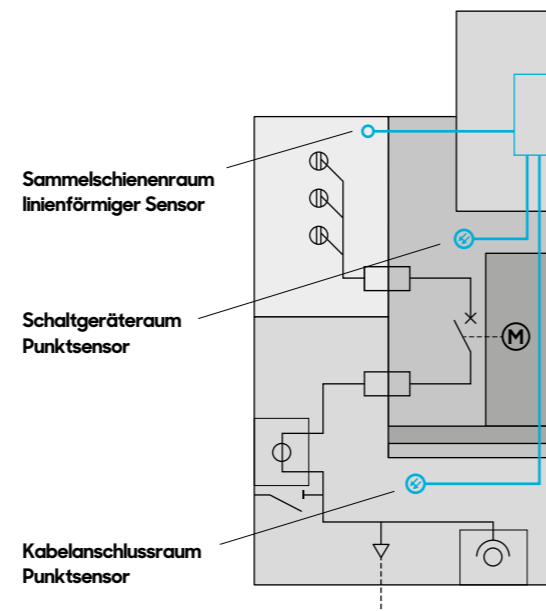


Abb. 6 Beispiel für die Platzierung von Punkt- und Linien-Sensoren



über eine Kommunikationsbusleitung mit dem Master-Gerät verbunden. Alle Lichtsignale werden via Kommunikationsbus an das Mastergerät gemeldet und mit einem im Störfall vorhandenen Stromsignal UND-verknüpft. Die Auslösung wird im Mastergerät abgesetzt (T1 bis T3) und ebenfalls via Kommunikationsbus an das dezentrale E/A-Modul gesendet, wo ebenfalls die Auslösekontakte (T) aktiviert werden. Die in der Abbildung beschriebenen Zonen können am E/A-Modul festgelegt und im Master-Gerät mit verschiedenen Prioritäten und Verzögerungen hinterlegt werden.

Dieses System eignet sich für den nachträglichen Einbau in Bestandsanlagen oder als Ergänzung zu anderen Schutzgeräten ohne Lichtbogenschutz-Auswertung.

#### FELDSCHUTZGERÄT MIT LICHTBOGENSCHUTZ-OPTION

Einige Hersteller bieten inzwischen optionale Schnittstellen-/Auswertekarten für den An-

schluss von Punkt- und/oder Linien-Sensoren an – siehe **Abb. 7**. Diese Variante hat den Vorteil, dass der Zusatzaufwand für einen hochwertigen Lichtbogenschutz noch geringer und somit noch kostengünstiger ausfällt. Die Stromwerte des Feldes sind ohnehin vorhanden und somit ist keine separate Stromwandlerverdrahtung erforderlich.

Die Signale werden wie im zuvor beschriebenen Master-Gerät UND-verknüpft und die Auslösung über einen Kontakt direkt an den Leistungsschalter des Feldes gesendet. Für das Senden von Lichtsignalen aus dem Sammelschienenbereich an ein vorgelagertes Einspeiserelais oder Empfangen von Stromanrege- oder externen Auslösesignalen von der Einspeisung bestehen bei modernen Systemen zwei Möglichkeiten [2] – siehe **Abb. 9**:

- Kommunikation mit schnellen Binäraus-/eingängen – siehe auch Artikel auf Seite 40,
- Kommunikation via IEC 61850 – Goose.



### SELBSTÜBERWACHUNG

Die Selbstüberwachung der Sensorik ist für die Zuverlässigkeit eines Lichtbogenschutzsystems sehr wichtig. Bei elektronischen Punktsensoren wurde lange Zeit nur eine Drahtbruchüberwachung zwischen Sensor und Auswertegerät realisiert. Seit Kurzem sind Produkte am Markt erhältlich, die durch eine im Sensor eingebaute Lichtquelle auch die Funktion der Fotodiode zyklisch überprüfen. Bei Geräten mit Liniensensoren wird der Lichtwellenleiter mit einer im Auswertegerät integrierten Lichtquelle auf Bruch überwacht: Ein Testsignal in Form eines kurzen Lichtimpulses, das am Ausgang abgesetzt wird, muss am Eingang wieder ankommen.

### ZUSAMMENFASSUNG

Aktiver Lichtbogenschutz ist v. a. aus Sicht des Personenschutzes und der Wiederverfügbarkeit von Schaltanlagen nach Störfällen in Betracht zu ziehen. Zur Überwachung einzelner Schotträume sind Punktsensoren mit Fotodioden oder als Lichtwellenleiter verfügbar. Für eine großräumige Überwachung wie den gesamten Sammelschienenbereich werden unisolierte Lichtwellenleiter, die auf der gesamten verlegten Länge Licht detektieren, als Liniensensoren angeboten.

Moderne Schutzsysteme können in bestehenden Anlagen ohne erheblichen Aufwand nachgerüstet werden. Für Neuanlagen bietet sich die Möglichkeit, Feldschutzgeräte mit integrierten Lichtbogenschutz-Eingangskarten einzusetzen. Der feldübergreifende Austausch von Licht- oder Stromanregesignalen kann über Binär- oder IEC-61850-Goose-Kommunikation erfolgen.

#### Quellen

- 1 Schneider Electric, V221 – Arc protection manual, Vaasa 2011
- 2 Siemens, Lichtbogenschutz – Präsentation, 2016
- 3 ABB AG, Lichtbogenschutz REA – Produktdatenblatt, Ratingen 2012

Abb. 7 Feldschutzgerät mit integrierten Lichtsensor-Eingängen

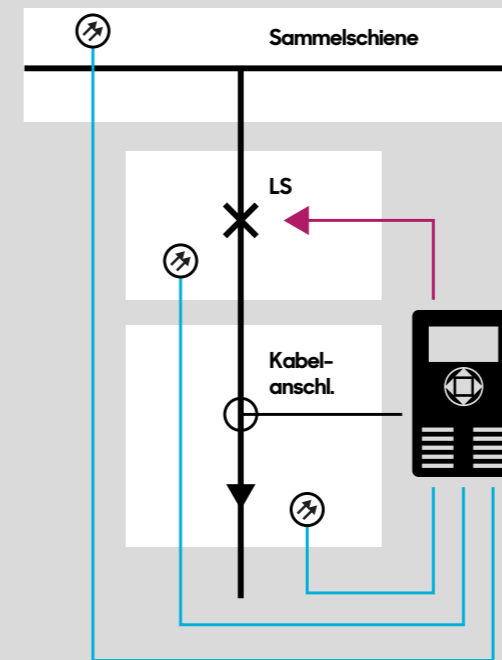


Abb. 8 Schema einer Lichtbogenschutz-Anwendung mit separatem Auswertegerät

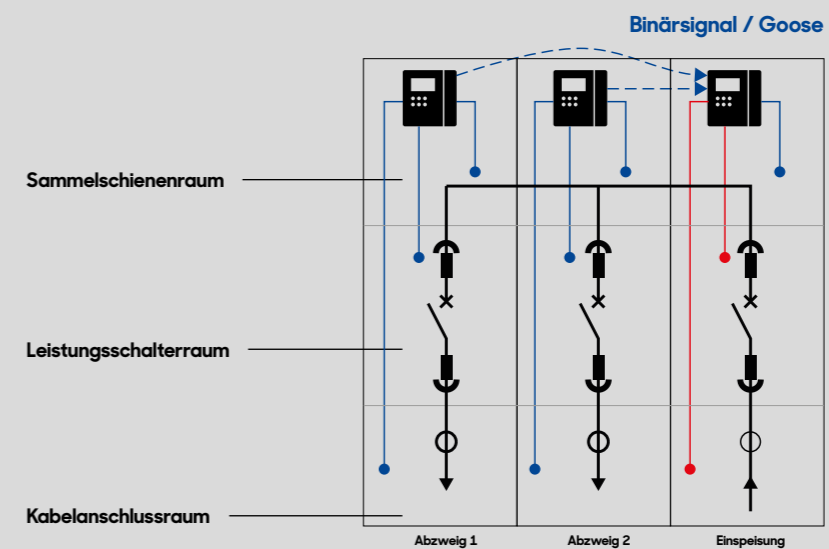
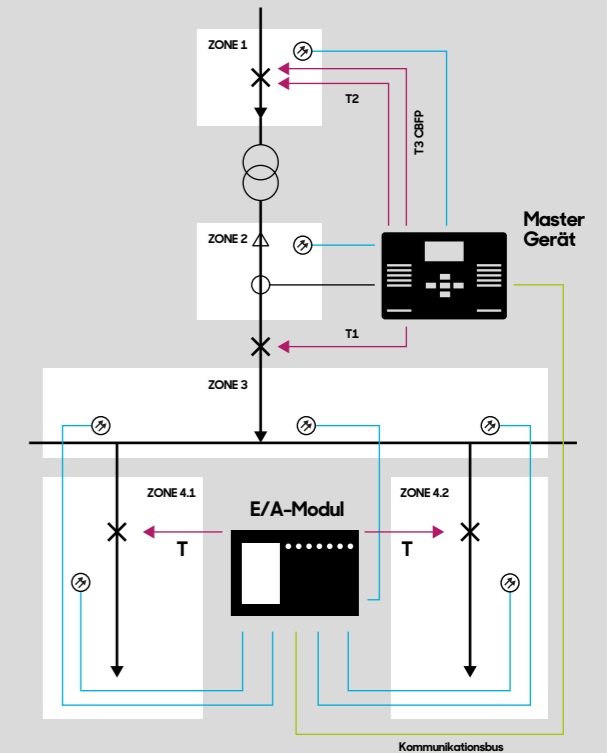


Abb. 9 Vereinfachtes Schema zur Binär- bzw. Goose-Kommunikation

# STANDARD- ANWENDUNG MIT UPGRADE

In der nachfolgenden klassisch-redundanten Versorgungssituation einer Mittelspannungsanlage kann ein Lichtbogenschutz mit Standardkomponenten und geringer Typenvielfalt ausgeführt werden. Fehlauflösungen werden durch die Kombination von gleichzeitiger Licht- und Überstromanregung ausgeschlossen. Eine Leitungsschalterversager-Funktion ist ebenfalls integriert.

Advertorial

**Samuel Dahl,**  
geb. 1963,  
seit 25 Jahren in der  
Entwicklung sowie im  
Verkauf und Marketing  
von Lichtbogenschutz-  
systemen. Er hat meh-  
rere technische Be-  
richte für IEC-Normen-  
gruppen erstellt und  
hält diverse Patente im  
Bereich Lichtbogen-  
schutz. Derzeit als Pro-  
duktmanager für Licht-  
bogenschutz bei  
Arcteq Relays Ltd. in  
Finnland – [www.arcteq.fi](http://www.arcteq.fi)

Co-Autoren:  
Juha Arvola  
Tero Virtala

Die Auswirkungen von Störlichtbögen wurden in den letzten zehn Jahren besonders intensiv analysiert und die entsprechenden Vorschriften und technischen Empfehlungen mit Gegenmaßnahmen ergänzt. In der Errichtungsnorm für Hochspannungsanlagen EN 61936 wird u.a. gefordert: „Elektrische Anlagen sind so zu gestalten und zu errichten, dass das Personal beim Bedienen so weit wie praktisch möglich gegen Störlichtbögen geschützt ist.“

Da durch die drastische Reduktion der Fehler- einwirkzeiten der Zerstörungsgrad und somit die Ausfallzeit reduziert wird, ist bei der Forderung nach einer hohen Versorgungssicherheit mit gleichzeitig hoher Verfügbarkeit eine Lichtbogendetektions-Einrichtung die einzige Wahl. In Nordamerika führen standardisierte Risikoanalysen für Störlichtbögen zum Einsatz solcher Systeme.

**EIGENSCHAFTEN VON STÖRLICHTBÖGEN**  
Lichtbögen setzen große Mengen an Strahlungswärme, Licht und Druckwellen frei. Die Temperatur im Inneren eines Lichtbogens kann bis 20.000 °C erreichen. Die durch den plötzlichen Temperaturanstieg stark expandierende Umgebungsluft führt zu einer entsprechend hohen Druckwelle. Diese wiederum verursacht im Extremfall das Öffnen von Schaltanlagen-

türen. Zusätzlich werden toxische Gase und Splitter von verbrennenden oder mechanisch zerstörten Teilen freigesetzt.

Sollte Bedienpersonal vor dem betroffenen Feld sein, ist dieses den aufgezählten Extrembedingungen ausgesetzt.

Die Ursache für Störlichtbögen sind meist menschliche Fehler oder alternde Komponenten. Typische Betriebsmittelfehler sind Kabelendverschlüsse oder Leistungsschalter-Ausfahrmechanismen. In manchen Regionen sind auch Nagetiere und Schlangen die Auslöser.

Viele Störlichtbögen sind zu Beginn einphasige Fehler gegen Erde, die sich zu dreiphasigen Fehlern ausweiten. Dies ist ein weiterer Grund für eine rasche Erkennung und Fehlerisolation bzw. -löschung.

Lichtbogenfehlerströme sind im Gegensatz zu direkt-kontaktierten Fehlerströmen wesentlich kleiner. Bei Niederspannungsanwendungen kann dieser um mehr als die Hälfte geringer sein. Dieser reduzierte Fehlerstrom birgt bei konventionellen Schutzeinstellungen das Risiko von hohen Abschaltzeiten (Anmerkung: Vergleich Überlastschutz-Kurzschlusschutz) und erhöhter Zerstörungsenergie.

© phadventure / Shutterstock

## SCHUTZ DURCH LICHTDETEKTION

Der Hauptvorteil einer auf Lichtdetektion basierenden Schutzeinrichtung liegt in der schnellen Auslösezeit und hohen Empfindlichkeit.

Damit diese Empfindlichkeit nicht zu Fehlauflösungen führt, gibt es die Möglichkeit, den Fehlerstrom als zweites Auslösekriterium hinzuzufügen (UND-Schaltung). Auch dieser kann wie zuvor beschrieben auf einen niedrigen Wert, z. B. 1,5-facher Nennstrom, eingestellt werden. Dies gilt ebenso für den Erdfehlerstrom.

Da der Schutzbereich eindeutig auf interne Fehler begrenzt ist, sind keine Selektivitäten oder Staffelungen zu berücksichtigen und ist keine Auslöseverzögerung erforderlich.

D. h., die Lichtdetektion kombiniert mit einer schnellen Stromerfassung löst geräteintern in 1–2 ms aus. Die tatsächliche Fehlerklärungszeit hängt maßgebend vom Primärschaltelement ab (siehe „Ursachen, Auswirkungen und Maßnahmen“ ab Seite 4). Durch den Einsatz von schnellschaltenden Elementen kann die Fehlerdauer im Idealfall auf 10 ms reduziert werden. Beim Einsatz von Leistungsschaltern liegt der Wert bei 70–80 ms.

Die Vorteile dieser Lichtbogendetektion sind:

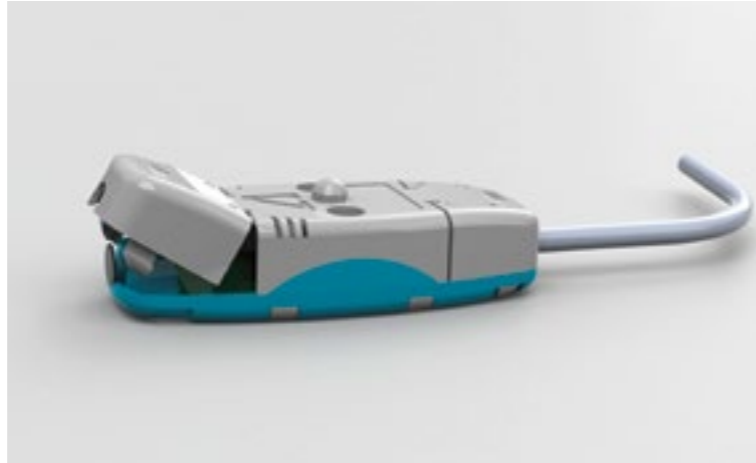
- die im Vergleich zu einem Sammelschienenschutzsystem wesentlich geringeren Kosten,
- der beim Sammelschienenschutz aufgrund der Stromwandlerplatzierung manchmal nicht erfasste, jedoch kritische Bereich des Kabelanschlusses wird geschützt,
- die Installationsmöglichkeit in Mittel- und Niederspannungsanlagen,
- die Nachrüstbarkeit in bestehenden Anlagen.

## ELEMENTE DER DETEKTION

Der Lichtimpuls des Lichtbogens wird detektiert durch

- Punktsensoren mit Fotodioden-Technologie – siehe **Abb. 1** – oder
- Lichtwellenleiter-Sensoren – siehe **Abb. 2**.

Im unten angeführten Anwendungsbeispiel werden Punktsensoren eingesetzt. Diese sind für Bereiche bis zu 125 °C Umgebungstemperatur, z. B. für Windgeneratoranlagen, ausgelegt. Die Weiterentwicklung herkömmlicher



**Abb. 1** Punktsensor mit schwenkbarer Fotodiode



**Abb. 2** Lichtwellenleitersensor

Punktsensoren durch Arcteq bietet neue Eigenschaften:

- Ausrichtung der Fotodiode auf einen bestimmten Bereich,
- Hintereinanderschalten mehrerer Punktsensoren (bisher nur sternförmige Anordnung),
- Selbstüberwachungsfunktion der Fotodiode durch integrierte Lichtpuls-Quelle.

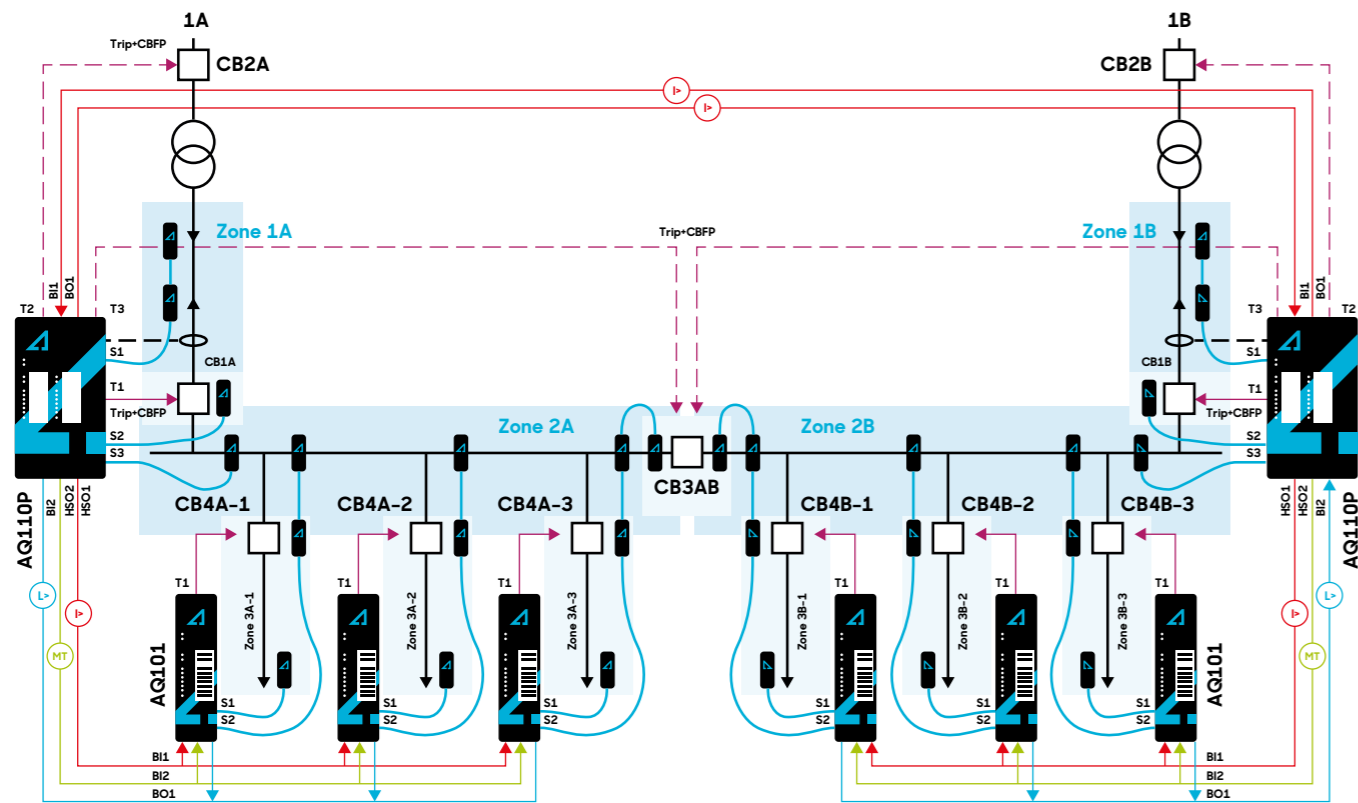
Die Lichtsensoren werden an separate Auswertegeräte mit oder ohne Stromeingänge angeschlossen. Alle weiteren Details zu den Auswertegeräten folgen im Anwendungsbeispiel.

## STANDARD-ANWENDUNG

Die universelle Einsetzbarkeit eines Lichtbogenschutzsystems in einer klassischen Mittelspannungsversorgungssituation mit zwei Einspeisungen und einer Kupplung zeigt **Abb. 3**.

Es werden alle Schotträume einer luftisolierten Anlage mit Punktsensoren ausgerüstet und diese auf ein Auswertegerät pro Feld angeschlossen.





In den Abgangsfeldern werden Auswertegeräte ohne Stromeingänge eingebaut. Hier erfolgt u. a. die Auswertung und Verknüpfung der Lichtsignale des eigenen Feldes mit Stromsignalen der Einspeisung:

- die Auswertung der angeschlossenen Lichtsensoren,
- das Absetzen der Lichtsignale ( $L \rightarrow$ ) auf Binärausgang 2 (BO2),
- das Empfangen auf Binäreingang 1 (BI1) und Verknüpfen des Stromanregesignals vom Einspeise-Auswertegerät der Sammelschienehälfte ( $I \rightarrow$ ) mit dem internen Lichtsignal,
- das Empfangen und Exekutieren einer Auslösemeldung vom Einspeise-Auswertegerät der Sammelschienehälfte (Master-Trip – MT) auf Binäreingang 2 (BI2),
- das Absetzen einer Auslösemeldung an den eigenen Leistungsschalter auf Auslösekontakt T1.
- In zwei Feldern werden zusätzlich die Schotträume des Kupplungsfeldes überwacht.

In den Einspeisefeldern werden Auswertegeräte mit Stromeingängen eingebaut. Hier erfolgt die zentrale Verschaltung aller Licht- und

Stromsignale inklusive Leistungsschalterversagerschutz:

- die Auswertung der angeschlossenen Lichtsensoren in einem erweiterten Schutzbereich,
- die UND-Verknüpfung der eigenen und der über Binäreingang 2 (BI2) von den Abgängen empfangenen Lichtsignale ( $L \rightarrow$ ) mit der internen Stromanregung,
- das Absetzen einer Auslösemeldung an den Einspeise-Leistungsschalter auf Auslösekontakt T1,
- das Absetzen einer Auslösemeldung an alle Abgangsgeräte der Sammelschienehälfte (Master-Trip – MT) auf Binärausgang HS02,
- das Absetzen des internen Stromanregesignals an alle Abgangsgeräte der Sammelschienehälfte ( $I \rightarrow$ ) auf Binärausgang HS01,
- der Stromanregesignal-Austausch mit der zweiten Einspeisung (BI1 und BO1),
- das Absetzen einer direkten und Leistungsschalterversager-Auslösemeldung an den übergeordneten Einspeise-Leistungsschalter (Trip+CBFP) auf Auslösekontakt T2,
- das Absetzen einer Auslösemeldung an den Kupplungs-Leistungsschalter auf Auslösekontakt T3.

**Abb. 3 Übersicht einer Standard-Lichtbogenschutz-Anwendung**

Adventorial

© Andrey Shevchenko / Adobe Stock



Durch die einfache Binärkommunikation zwischen den Einspeisungen und ausreichend vorhandenen Auslösekontakten wird eine selektive Auslösung pro Sammelschienehälfte möglich – selbst bei einseitiger Einspeisung und eingelegerter Kupplung.

Diese Anwendung ist auf dieselbe Weise auf Niederspannungsanlagen anwendbar. Und die Komponenten eignen sich, wie mehrfach bereits ausgeführt, für die Nachrüstung bestehender Anlagen.

### ZUSAMMENFASSUNG

Die enormen Auswirkungen von Störlichtbögen in Schaltanlagen auf das Bedienpersonal und auf die Verfügbarkeit von Anlagen nach dem Fehler können durch Lichtbogenschutzsysteme deutlich reduziert werden. Das vorgestellte Lichtbogenschutzsystem erfasst Fehler in 1–2 ms bei gleichzeitiger Verknüpfung des Lichtsignals mit einem Stromsignal, womit Fehlauflösungen verhindert werden. Durch den Einsatz von schnellschaltenden Elementen kann die Fehlerdauer im Idealfall auf 10 ms reduziert werden. Anwendungen im Mittel- und Niederspannungsbereich können

durch den einfachen und modularen Aufbau mit wenigen Gerätetypen realisiert werden. Die Nachrüstbarkeit in bestehenden Anlagen stellt einen weiteren Vorteil der beschriebenen Komponenten dar.

# INTEGRIERTE UND EXTERNE LÖSUNGEN



Lichtbogenschutzsysteme sind wahlweise in Feldschutzgeräten integrierbar oder zusätzlich zu bestehenden Schutzsystemen installierbar. Komponenten für die zusätzliche Installation bieten die Möglichkeit, die Sicherheit in älteren Bestandsanlagen deutlich zu erhöhen – Stichwort Retrofit.

Advertorial

## Oliver Gludowatz,

geb. 1960.

Nach Abschluss der HTBL in Saalfelden drei Jahre bei ELIN-UNION in Wien. Nach einer vierjährigen Zwischenstation bei ASEA 1988 Wechsel in die Schutzabteilung der damaligen AEG in Wien und in Folge über mehrere Firmenübernahmen und Umfirmierungen 2012 bei Schneider Electric und leitet seit-her das Energy Automation Center.

Die Miniaturisierung in der Elektronik führte v. a. in den letzten zehn Jahren auch in Schutzgerä- tetechnik zu einer massiven Verkleinerung der Teilkomponenten und in Folge zur Integration von bisher üblichen externen Geräten in ein Feldschutzgerät. In der Lichtbogenschutztech- nik führte dies bei Schneider Electric-VAMP bereits 1996 als weltweite erste Firma zur In- tegrierung der Lichtsignal-Eingänge in einem Kombi-Schutzgerät.

## LICHTBOGENDETEKTION IN FELD- SCHUTZGERÄTEN

Die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten zeigt die folgende Anwendung. Drei im Ring geschaltete 20-kV-Stationen wurden mit Kombi-Schutzge- räten mit integrierten Lichtsignaleingängen für elektronische Punktsensoren ausgestattet. Die Schutzgerätetype variiert dabei zwischen Lei- tungs-differentialschutz für Kabelabgänge und UMZ-Schutzgeräten für Haupteinspeisungen und Transformatorabgänge. Die detaillierte Darstellung einer Sammelschienenhälfte in **Abb. 3** ist für alle Stationen gültig. Die Punkt- sensoren sind im Kabel- und Leistungsschal- terraum platziert. Da bei einem Lichtbogen im Leistungsschalterraum die Sammelschiene abzuschalten ist, wurde eine Weitergabe des Lichtsignals aus dem fehlerhaften Feld an alle einspeisenden Felder mit einer gerätetypischen

48-V-DC-Binärkommunikation realisiert. Die Einspeiser können bei dieser Anwendung klas- sische Einspeisefelder der 110/20-kV-Transfor- matoren oder Ringkabelfelder sein.

Im nachfolgenden Beispiel wird eine Situati- on bei geöffnetem 20-kV-Ring gezeigt, d. h., der Fehlerstrom fließt nur einseitig vom Netz kommend. Der Lichtbogen entsteht nach dem Leitungsdifferentialschutzbereich zwischen Stromwandler und Leistungsschalter. Im ei- genen Feld wird eine Auslösung generiert. Der Differentialschutz erfasst den Fehler nicht. Um den Schalter in der vorangegangenen Station schnell auszuschalten, kann entweder eine Mit- nahmeschaltung oder, wie bei diesem Projekt gelöst und in **Abb. 1** dargestellt, die Weiter- reichung des Lichtsignals über den Differen- tialschutz-LWL – sogenannten POC Signalen – und die Verknüpfung mit den UMZ-Stufen in der Logik erfolgen.

## SAMMELSCHIENENBEREICH

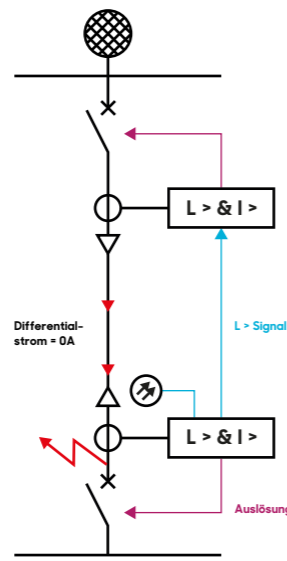
Um den typischen Aufbau eines Feldes bei- zubehalten, wurde für die Überwachung des Sammelschienenraumes ein zusätzliches Lichtbogenschutzgerät installiert, an dem Lichtwellenleiter als Linearsensoren durch alle Räume einer Sammelschiene gehen. Da der Anschlussstift sehr schmal gebaut ist, können

© nordrhein / Adobe Stock

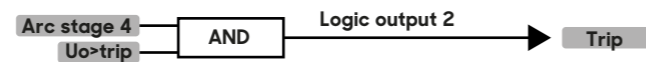
diese als Schleife einfach von Feld zu Feld gezogen werden. Im Störfall wird das Signal über die zuvor beschriebene 48-V-Binärkommunikation an alle Schutzgeräte der speisenden Felder weitergeleitet. Dort erfolgt die Verknüpfung mit dem Fehlerstrom und die Generierung der Auslösung.

**ERDSCHLUSS IN KOMPENSIERTEN NETZEN**

Stromstarke Erdschlüsse wie Doppelerdschlüsse werden über die integrierte Erdschluss-Lichtbogenschutz-Stufe Arc  $I_0 >$  Stufe erfasst. Einphasige Erdschlüsse hingegen sind hier stromschwach und es wird keine der Überstrom-/Kurzschlussstufen anregen. Eine Möglichkeit, um eine Auslösung zu erhalten, ist, auf das Zusatzkriterium Strom zu verzichten und nur aufgrund eines Lichtsignals – im Beispiel in **Abb. 2** „Arc stage 4“ genannt – auszulösen. Damit kann es jedoch zu einer Fehlauflösung durch starke Lichtquellen, wie z.B. Baustrahler bei Reinigungsarbeiten, kommen. Um den Lichtbogenschutz in kompensierten Netzen im Erdschlussfall dennoch zu stabilisieren, kann als zweites Kriterium die Verlagerungsspannung herangezogen werden – siehe **Abb. 2**.



**Abb. 1** Übersicht einer Lichtbogenschutzanwendung für eine Sammelschienehälfte



**Abb. 2** Verknüpfung der Lichtbogenstufe mit der Nullspannung-Stufe  $U_0 >$

**RISIKO VON ALTANLAGEN**

Ältere Schaltanlagen bergen das Risiko von durch Alterung geschwächtem Isolationsvermögen bzw. von hohen, mechanischen Schäden im Störlichtbogenfall. Das Risiko von Störlichtbögen erhöht sich durch folgende Faktoren:

- Alterung der Isolation v. a. bei Kabelendverschlüssen,
- mechanische Gebrechen bei Primärschaltenelementen wie Leistungsschalter oder Trennschalter.

Generell verfügen Anlagen älterer Bauweise meist über eine sehr geringe Störlichtbogenfestigkeit. Es sind auch noch offene Schaltanlagen, d.h. ohne vollständige Umhausung und Schottung der Primärelemente, in Betrieb. In alten Unterstationen oder alten Industrieverteilungen wird aus wirtschaftlichen Gründen oft gegen die Erneuerung der Schaltanlagen entschieden. Hier kann der nachträgliche Einbau von Lichtbogenschutzsystemen die Auswirkungen deutlich reduzieren.

**RETROFIT**

Das folgende Beispiel zeigt eine Retrofit-Ausführung in einer offenen Schaltanlage eines Industriebetriebes mit einer Generatorleistung von ca. 40 MVA und entsprechend hohen Kurzschlussströmen auf der in **Abb. 5** dargestellten 10-kV-Hauptverteilung.

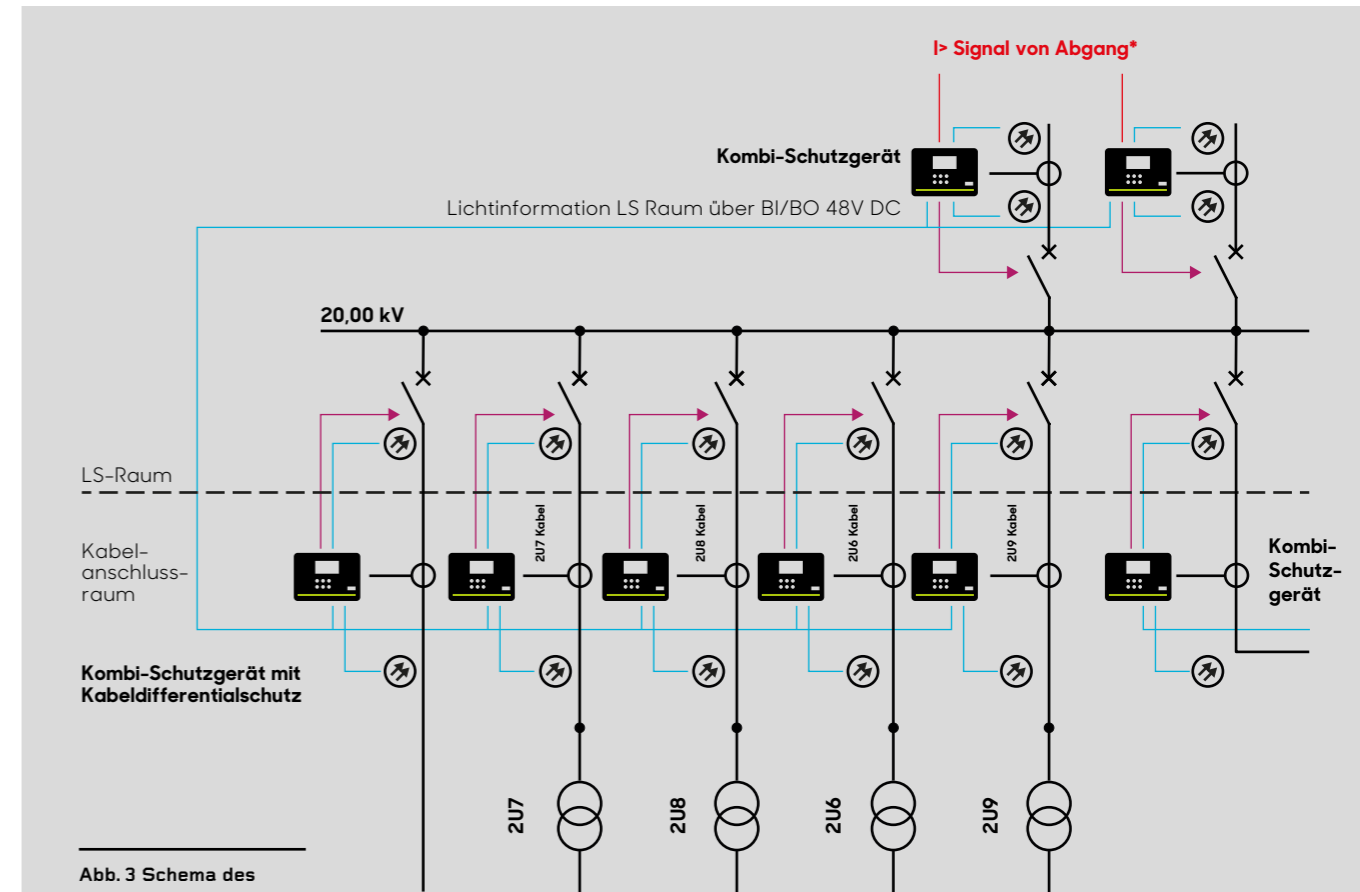
Der Aufbau ist völlig modular und dezentral:

- Drei LWL-Schleifen werden örtlich an drei LWL-Module VAM3L angeschlossen.
- Alle Ströme der einspeisenden Felder werden mit dezentralen Strommodulen VAM4C, die in die bestehenden Stromwandlerkreise eingeschliffen werden, erfasst.

Ein zentrales Master-Gerät V321 erhält über einen digitalen Kommunikationsbus die Signale der LWL- und Strom-Module und generiert aus diesen:

- ein Binär-Lichtsignal, das über eine 110-V-Signalschleife an alle Abgangsschutzgeräte weitergeben wird. In diesen wird das Lichtsignal mit der internen Stromanregung zu einem Auslösesignal UND-verknüpft und in jedem Feld separat abgesetzt.

Adventorial

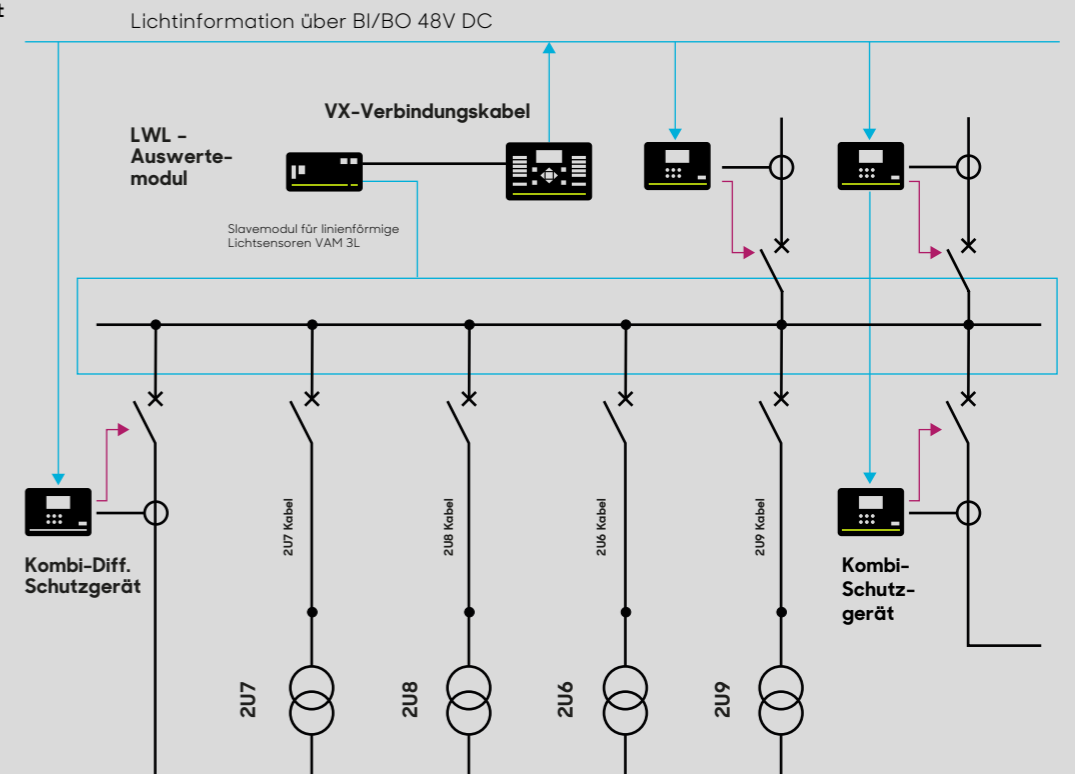


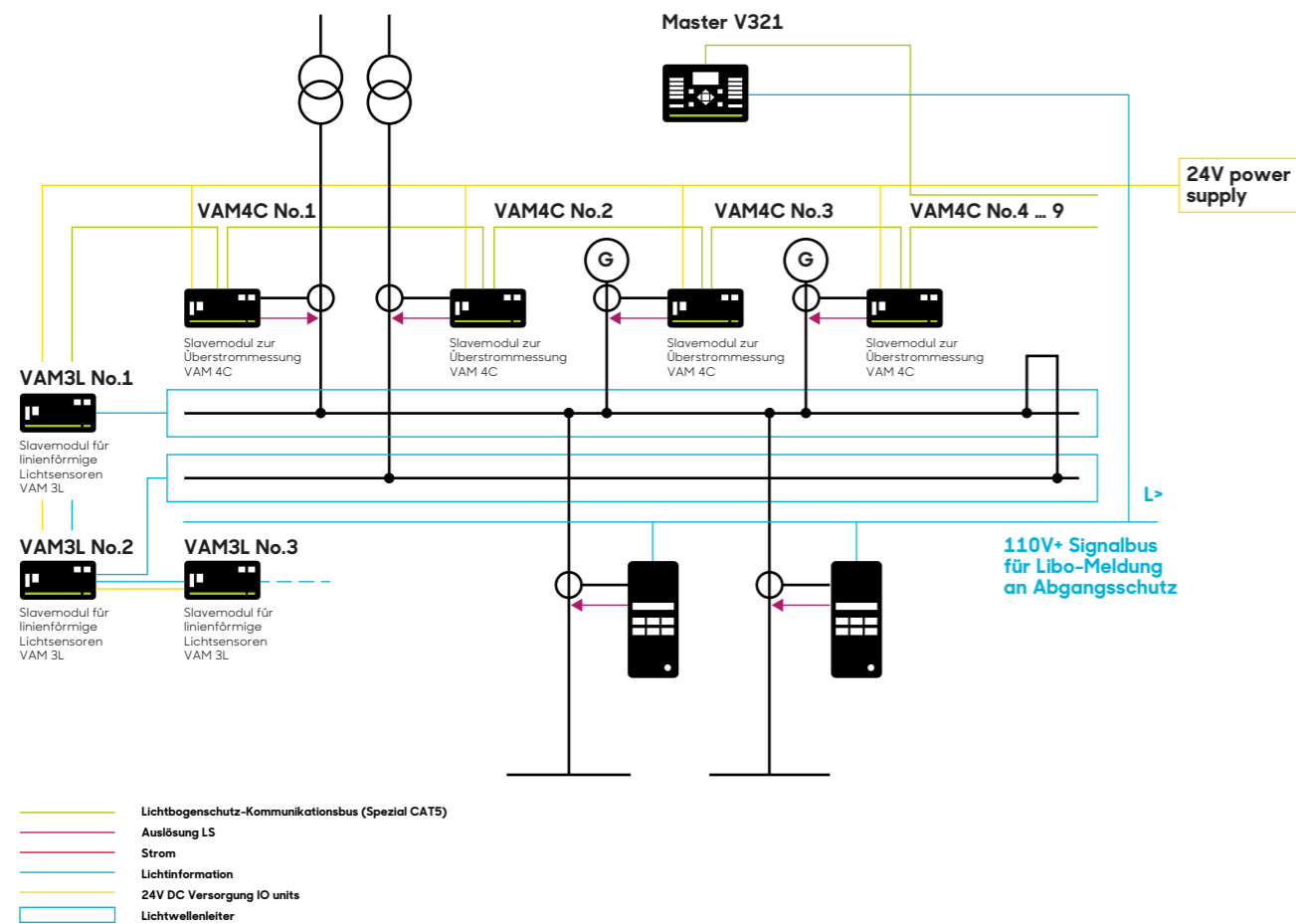
**Abb. 3** Schema des stationsübergreifenden Lichtbogenschutzes

- Punktsensor
- Lichtinformation
- Auslösung LS
- Strom
- Lichtwellenleiter

\* ↳ Signal von 110 kV Schutzrelais nur bei Station 1

**Abb. 4** Lichtbogenschutz im Sammelschienebereich mit LWL-Sensor





- Auslösesignale an die VAM4C-Strommodule der betroffenen Einspeisefelder. D. h., nur die fehlerstromführenden Einspeiser werden ausgelöst. Das VAM4C ist hier auch Ausgangsmodul und schließt einen Auslösekontakt, der für DC-Auslösekreise spezifiziert ist.

Da die Lichtsignale aufgrund der offenen Schaltanlagen-Bauweise örtlich nicht eingrenzbar sind, muss zwischen Abgängen und Einspeisungen eine Selektivität durch Zeitverzögerung hergestellt werden. Dies wurde im V321 zentral für alle Einspeisefelder mit 300 ms programmiert: Ist der Fehler nur am Abgang z. B. am Kabelendverschluss, löst in Schnellzeit ein Abgangsschutzrelais mit Hilfe des externen 24-V-DC-Lichtsignals aus. Ist der Fehler am Leistungsschalter, gibt es keine Stromanregung und somit keine Auslösung am Abgang. Die Auslösung wird nach 300 ms vom Master-Gerät an alle fehlerstromführenden Einspeisefelder gesendet.

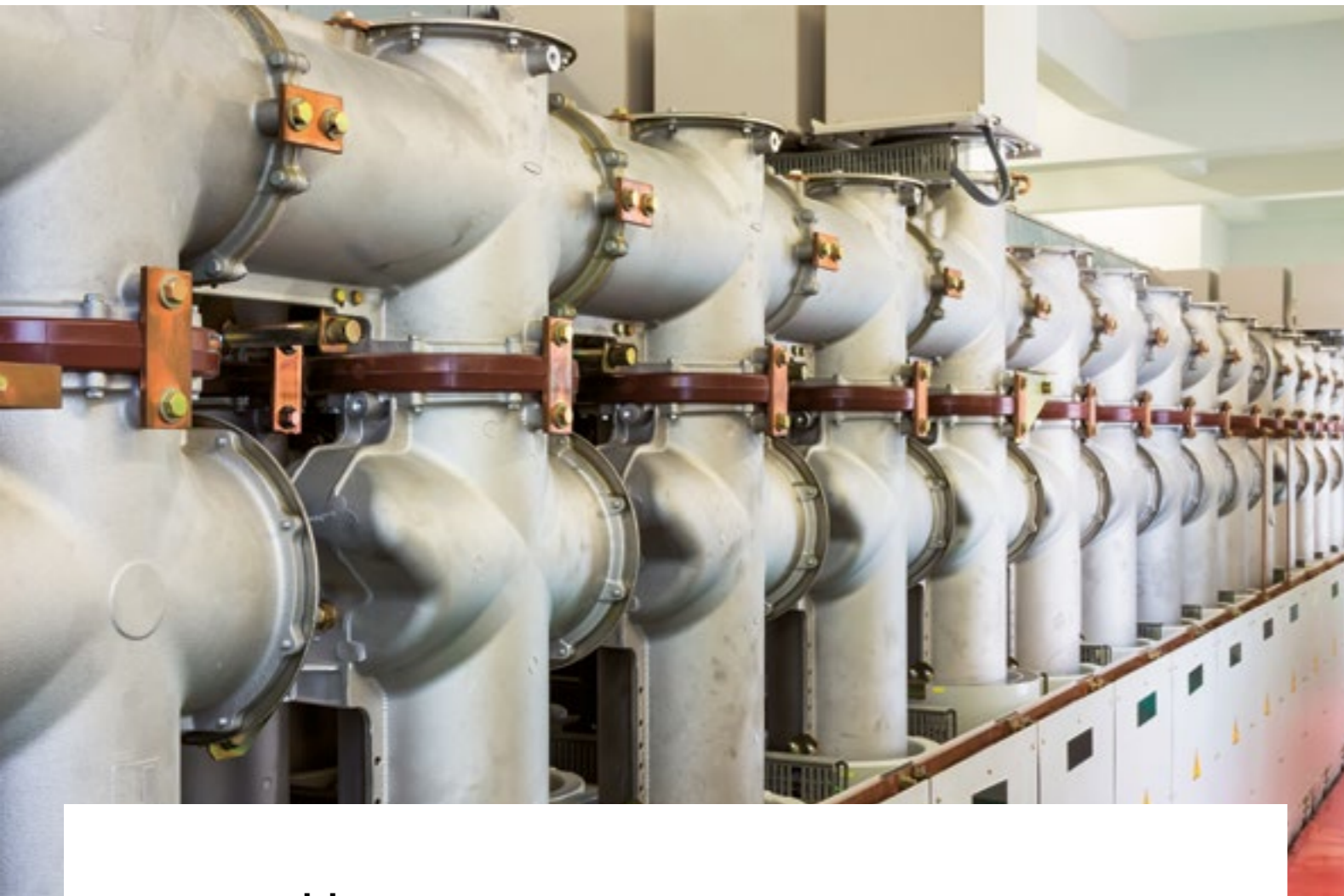
#### ZUSAMMENFASSUNG

Neue Kombi-Schutzgeräte mit Zusatzkarten ermöglichen die Realisierung von Lichtbogenschutzsystemen bei minimalem Installationsaufwand. Für eine stationsübergreifende Schnellauslösung kann die Übertragung von Licht- oder Auslösesignalen zwischen den Stationen z. B. über einen Leitungsdifferentialschutz-Lichtwellenleiter erfolgen. In kompensierten Netzen besteht zudem die Möglichkeit, statt des schwer detektierbaren Erdschlussstromes die Verlagerungsspannung als zweites Kriterium für eine sichere und stabile Auslösung heranzuziehen. Um dem erhöhten Risiko von Störlichtbögen in Altanlagen zu begegnen, werden modulare Lichtbogenschutzsysteme zur Reduzierung der Auswirkungen nachgerüstet. Separate Licht- und Strom-Module mit integrierten Auslösekontakten und Kommunikationsbus zum Master-Gerät sind dezentral im jeweiligen Abgang mit geringem Verdrahtungsaufwand installierbar.

Abb. 5 Übersicht Retrofit mit dezentralen E/A-Modulen und einem Master-Gerät







# PRÜFEN VON LICHTBOGEN- SCHUTZSYSTEMEN

Advertorial

**Jakob Siemayr**, geb. 1984, absolvierte die HTL Rankweil, Fachrichtung Elektronik. Seit 2006 ist er bei OMICRON tätig, zuerst als technischer Support- und Applikationsingenieur und ab 2008 als Teamleiter für den Bereich des Technischen Supports der Sekundärprüfung. Seit 2012 ist er Produktmanager und betreut dabei Zubehörprodukte für die CMC-Produktfamilie.

Störlichtbögen in elektrischen Nieder- und Mittelspannungsschaltanlagen treten heutzutage aufgrund hoher Sicherheitsstandards nur selten auf. Falls sie dennoch entstehen, sind ohne ausreichende Vorsorge massive Schäden an Anlagenteilen, kostenintensive Stillstandzeiten und eine akute Gefährdung von Personen zu erwarten. Die Ursachen für Störlichtbögen sind recht unterschiedlich. In den meisten Fällen ist menschliches Fehlverhalten bei Service- oder Montagearbeiten verantwortlich für ihre Entstehung. Häufig führen aber auch Überspannungen oder unterdimensionierte Anlagenkomponenten zu Störlichtbögen. Ebenso gefährlich sind Kurzschlüsse durch Fremdkörper wie Tiere oder Werkzeuge sowie Verschmutzungen und Feuchtigkeit in elektrischen Anlagen.

## EIN HEISSES THEMA

Bereits in den ersten Millisekunden setzt ein Lichtbogen enorme Mengen an Energie frei und entwickelt eine Temperatur von mehr als 10.000°C. Die Luft im Bereich von einigen Metern wird ionisiert, flüssige und dampfförmige Metall- und Anlagenteile treten selbst aus geschlossenen Anlagen explosionsar-

Störlichtbögen entwickeln innerhalb von Sekundenbruchteilen eine große zerstörerische Kraft, die ein hohes Gefahrenpotenzial für Personen und Betriebsmittel aufweist. Seit den frühen 1990er-Jahren werden deshalb spezielle Schutzsysteme zur Erkennung und Abschaltung dieser Fehler eingesetzt. Obwohl in den letzten zwanzig Jahren die Aufmerksamkeit für die Gefahren von Störlichtbögen gestiegen ist und eine Vielzahl derartiger Schutzsysteme installiert wurde, findet die Funktionsprüfung der Systeme noch immer erstaunlich wenig Beachtung.

tig aus. Betriebsmittel und Anlagen werden binnen Sekunden zerstört. Für Personen, die sich zum Zeitpunkt des Lichtbogenfehlers in unmittelbarer Nähe aufhalten, besteht akute Lebensgefahr. Neben Stromschlägen, Augenschäden und Verbrennungen haben oft auch Verätzungen der Lunge schwerwiegende gesundheitliche Auswirkungen.

## SCHNELLE AUSLÖSUNG IST GEFRAGT

Um das Gefährdungspotenzial für Personen und Anlagen zu begrenzen, sind eine schnellstmögliche Erkennung und in der Folge Löschung des Störlichtbogens erforderlich.

Herkömmliche Schutzsysteme wie beispielsweise UMZ-Schutzgeräte haben mitunter Schwierigkeiten bei der Erkennung von Lichtbogenfehlern, was zu langen Abschaltzeiten führen kann. Stattdessen werden spezielle Lichtbogenschutzsysteme eingesetzt, welche das Zünden eines Lichtbogens mittels optischer Sensoren erkennen und mit einer Verzögerung von nur etwa 6 bis 7 ms ein Auslösekommando an alle auf den Störlichtbogen speisenden Leistungsschalter senden. Kommen Hochgeschwindigkeits-Halbleiterausgänge anstelle

© teptong / Adobe Stock



konventioneller Relaiskontakte zum Einsatz, sind sogar Auslösezeiten in der Größenordnung von 1 ms möglich.

Um die Zeit bis zur Löschung des Lichtbogens weiter zu reduzieren, können auch sogenannte Löscheräte eingesetzt werden. Sie erzeugen einen metallischen Kurzschluss parallel zum Störlichtbogen und entziehen diesem damit die notwendige Energie, noch bevor sich die Leistungsschalterkontakte geöffnet haben. Eines ist sicher: Der Störlichtbogen muss sicher erkannt, aber Fehlauflösungen müssen vermieden werden. Auslösekriterium ist in der Regel das sehr intensive Licht des Lichtbogens in Kombination mit dem einhergehenden Überstrom. Diese Überstromerfassung muss sehr schnell erfolgen, um die Auslösung nicht unnötig zu verzögern.

#### EINFACHES PRÜFEN DER SYSTEME

Der Funktionsprüfung von Lichtbogenschutzsystemen wurde bisher nur sehr wenig Aufmerksamkeit entgegengebracht. Wenn man das enorme Gefahrenpotenzial und die Auswirkungen eines Störlichtbogens bedenkt, ist diese Tatsache sehr verwunderlich. Ein Grund dafür ist möglicherweise, dass es eine Zeit lang keine wirklich praktikablen Methoden beziehungsweise einfachen Hilfsmittel zur Prüfung derartiger Systeme gab.

Die Überprüfung der optischen Erfassung der jeweiligen Lichtsensoren kann zwar durch manuelles Anleuchten mit einer Lichtquelle (z. B. Taschenlampe oder Blitzgerät) und Ablesen am Schutzgerät erfolgen, es soll jedoch auch das korrekte Auslösen (bzw. korrekte Nicht-Auslösen, wenn nicht alle notwendigen Kriterien erfüllt sind) des Lichtbogenschutzsystems überprüft werden.

Hierfür wird ein Schutzprüfgerät verwendet, welches die erforderlichen Stromsignale einspeisen und gleichzeitig eine Lichtquelle zur Simulation des Lichtbogens ohne Verzögerung ansteuern kann. Die Lichtquelle wird nacheinander möglichst nah an jedem der verbauten Lichtsensoren positioniert und auf diesen gerichtet. Das Auslösekommando des Schutzgeräts wird an einen Binäreingang des Prüfgeräts verdrahtet, um die korrekte Reaktion des Schutzsystems zurückzumessen und aufzuzeichnen.

## ARC 256X

Auslöse-Einrichtung



### Zusammengefasst

OMICRON bietet mit dem ARC 256x ein einzigartiges Zubehör für CMC Prüfgeräte, um die korrekte Funktion von Lichtbogenschutzsystemen zu überprüfen und die Auslösezeit zu messen. Der ARC 256x simuliert einen Störlichtbogen mittels Xenonröhre, ähnlich einem Kamerablitz, und wird nahe dem Lichtbogen-Sensor positioniert.

#### HAUPTMERKMALE

- Zeitgleiche Aktivierung der Stromausgänge und Blitz-Auslösung
- Spannungsversorgung durch Prüfgerät
- Hohe Pulsrate mit 12 Pulsen/Minute, bei reduzierter Intensität sogar bis zu 30 Pulse/Minute
- Blitzbereitschaft bereits 5 Sekunden nach Aktivierung
- 6 m langes Verbindungskabel
- Breitbandige, lückenlose Strahlung ähnlich dem Sonnenlicht
- Prüfung mit Prüfmodul State Sequencer der Test Universe-Software oder CMControl P

Abb. 1. Mit einer speziell für die Simulation von Lichtbögen entwickelten Auslöse-Einrichtung lassen sich Lichtbogenschutzsysteme auf einfache Weise prüfen.



Folgende Prüfungen werden durchgeführt:

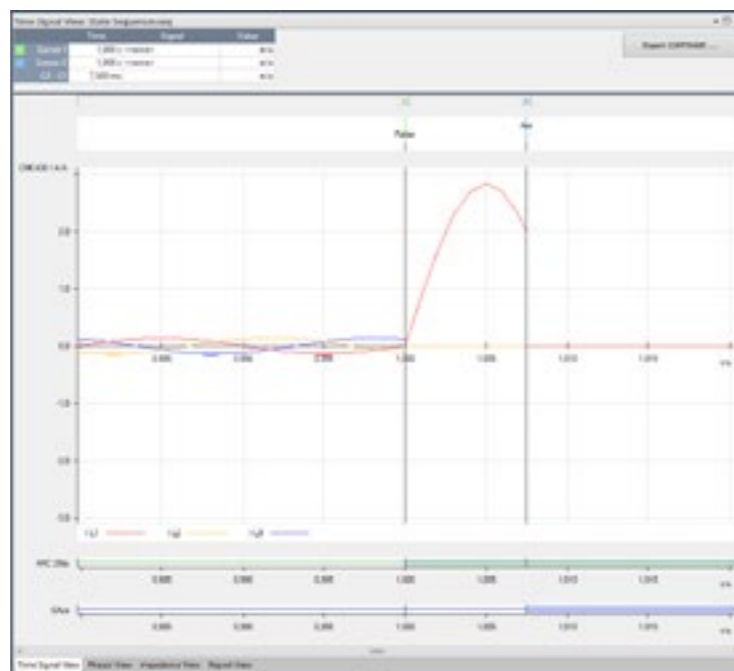
- Auslösen des Schutzsystems durch Simulation des Lichtbogens und gleichzeitige Einspeisung eines Stroms oberhalb des eingestellten Ansprechwerts
- Nicht-Auslösen des Schutzsystems bei Simulation des Lichtbogens ohne Einspeisung eines Stroms
- Nicht-Auslösen des Schutzsystems bei Einspeisung eines Stroms über dem eingestellten Ansprechwert, ohne Simulation des Lichtbogens

Falls bei schwer zugänglichen Sensoren die Helligkeit der Lichtquelle nicht ausreichend sein sollte, lässt sich die Prüflösung auch durch handelsübliche Blitzgeräte mit einer optischen Slave-Blitzfunktion erweitern. Bei dieser Funktion triggert das Blitzgerät mit geringer Verzögerung zum Prüfgerät.

#### FÜR DEN NOTFALL GERÜSTET

Angesichts der gravierenden Auswirkungen auf Personen sowie der hohen Kosten für Reparaturen der Anlage, Stillstandzeiten und eventueller Produktionsausfälle bei Kunden ist der Aufwand für eine regelmäßige Prüfung von Lichtbogenschutzsystemen mehr als gerechtfertigt. Ein Prüfsystem bestehend aus einem üblichen Schutzprüfgerät in Kombination mit einer zeitsynchronen Lichtquelle ermöglicht die schnelle und einfache Prüfung derartiger Systeme.

Abb. 2. In der Software ist der Testprozess für das Lichtbogenschutzsystem noch einmal klar und mit der Auslösezeit dargestellt.



Reinhard Kuntner  
Produktmanager

## Umfangreiche Prüfaufgaben erfordern flexible Prüfsysteme

Viele Funktionsprüfungen von Schutzgeräten lassen sich erst durch den Einsatz spezieller Zusatzgeräte durchführen. Deshalb bietet OMICRON als Ergänzung zu seinen CMC-Prüfgeräten umfangreiches Zubehör für nahezu alle denkbaren Aufgaben bei der Schutzprüfung. Mit diesen kleinen Helfern kann der Schutzprüfer seine Prüfsysteme sinnvoll erweitern und seinen Prüfalltag erleichtern.

**Besuchen Sie uns auf der OMICRON Anwendertagung vom 12. - 14. Juni 2018 in Berlin.**

[www.omicronenergy.com/products](http://www.omicronenergy.com/products)

# AKTUELLES

## MÄR.

21./22.

Verteilungsnetze auf dem Weg zum Smart Grid  
VDE-Seminar, Berlin/Deutschland

SEMINAR

22.3.

Digitalisierung in MS-Schaltanlagen und -netzen  
VDE-Konferenz,  
Spremberg/Deutschland

FACHTAGUNG

## APR.

10./11.4.

Leit- und Netzschutztechnik im Nieder- und Mittelspannungsnetz hdt - Haus der Technik,  
Essen/Deutschland

SEMINAR

17.

Schaltanlagentechnik größer 1-kV-Mittelspannung  
VDE-Seminar,  
Ladenburg/Deutschland

SEMINAR

19./20.

Kurzschlussstromberechnung - Berechnung in Drehstromnetzen DIN EN 60909-0 (VDE 0102)  
VDE-Seminar, Offenbach/M.

SEMINAR

23. - 27.

Hannover Messe  
Messe, Hannover/Deutschland

MESSE

## MAI.

18.

IT-Sicherheit bei der Planung und Konzeption von Elektro- und Automatisierungstechnik  
OVEakademie, Wien/Österreich

SEMINAR

12. - 14.

Omicron Anwendertagung 2018  
Omicron, Berlin/Deutschland

FACHTAGUNG

## MAI.

13./14.

Fachspezialist Netzschutz  
Netzebene 3 bis 6  
VSE, Aarau/Schweiz

SEMINAR

19./20.

Schutz von Generatoren und Kraftwerksblöcken  
hdt - Haus der Technik,  
Essen/Deutschland

SEMINAR

### NETZSCHUTZ

Impressum und Offenlegung

#### Herausgeber und Chefredakteur

Peter Schitz  
Tel: +43 676 972 7269  
Mail: peter.schitz@netzschutz-magazin.com

#### Abo- und Anzeigenverkauf

Beatrix Meindl  
Tel: +43 1 345 12 35  
Mail: office@netzschutz-magazin.com

#### Redaktion

Edith Weinlich

#### Art-Direktion

Capitale Wien / Berlin  
Cora Akdogan, Daniel Perraudin

#### Lektorat

Ewald Schreiber

#### Redaktionsanschrift & Abo-service

Westbahnstraße 7/6a, 1070 Wien, Österreich  
Tel: +43 1 345 12 35  
Mail: office@netzschutz-magazin.com

#### Erscheinungsweise

4-mal jährlich

#### Vertrieb

Ausschließlich im Abonnement

#### Abo-Preise

**Österreich**  
EUR 158,00 netto  
(EUR 173,80 brutto inkl. Versand)

**Deutschland**  
EUR 158,00 netto  
(EUR 187,00 brutto inkl. Versand)

**Schweiz**  
EUR 158,00 netto  
(EUR 170,00 brutto inkl. Versand)

#### Eigentümer (100%), Medieninhaber & Herausgeber

EET Verlag GmbH  
Westbahnstraße 7/6a, 1070 Wien, Österreich  
Tel: +43 1 345 12 35  
Mail: office@netzschutz-magazin.com  
Web: www.netzschutz-magazin.com  
Firmenbuch-Gericht: Handelsgericht Wien  
Firmenbuch-Nr.: FN 471292 b

#### Erfüllungsort und Gerichtsstand

1070 Wien, Österreich

Geschäftsführer: Peter Schitz  
Gesellschaftsanteile (100%): e2solution Schitz GmbH, Westbahnstraße 7/6a, 1070 Wien, Österreich

Offenlegung gemäß § 25 Mediengesetz  
Grundlegende Ausrichtung von NETZSCHUTZ Fachmagazin zur Information über Wissensstand, Innovationen und Geräteentwicklungen im Bereich der Elektrotechnik mit Fokus auf Schutztechnik und Netzschutz. Die Inhalte richten sich insbesondere an Fachleute aus der Schutztechnik und dienen der persönlichen Information. Eine Haftung ist ausgeschlossen.

Unternehmensgegenstand  
Betrieb eines Magazinverlags und einer Website

#### Herstellung & Druck

Grasl Druck & Neue Medien GmbH  
Druckhausstraße 1, 2540 Bad Vöslau

Alle Rechte an Text, Bild, Grafik & Design © Netzschutz. Vor Übernahme von Beiträgen, Bildern oder Abbildungen ist die Zustimmung des Verlages schriftlich einzuholen. Druck- und Satzfehler vorbehalten.

# Energize tomorrow

23. — 27. APRIL 2018  
HANNOVER • GERMANY  
hannovermesse.de/energy



Deutsche Messe

Energy



# TAUCHEN SIE EIN IN DEN MARKT VON MORGEN!

FREI-KARTEN!

NETZSCHUTZ lädt Sie gemeinsam mit der HANNOVER MESSE ein, Lösungen und Produkte direkt bei Herstellern und Anbietern zu entdecken.

Unter diesem Link stehen 400 Karten für unsere Leser und Leserinnen zum Download bereit:

<https://www.hannovermesse.de/ticketregistrierung?2dvw5>



# GEHÖREN SIE DAZU!

**ABONNIEREN  
SIE JETZT!**

**FÜR LESER  
UND LESERINNEN, DIE  
KOMPAKTE INFORMATION  
AUF NEUESTEM STAND  
HABEN WOLLEN.**

**FÜR UNTERNEHMEN,  
DIE IHRE INNOVATIVEN  
PRODUKTE VORSTELLEN  
WOLLEN.**

**FÜR KOLLEGEN UND  
KOLLEGINNEN, DIE  
IHRE SICHT DER DINGE  
IN BEITRÄGEN UND  
FOTOS TEILEN WOLLEN.**

**Die sicherste Verbindung  
zu NETZSCHUTZ**

+43 1 345 12 35

office@netzschutz-magazin.com

www.netzschutz-magazin.com

NETZSCHUTZ



Die nächste Ausgabe erscheint  
im Juni 2018.

Schwerpunkt

**ÜBERSTROMZEITSCHUTZ**

**Das Magazin für Schutztechnik**