

Stationsbau normgerecht umgesetzt

# Störlichtbogenprüfung an einer begehbaren Netzstation

Die Heag Südheussische Energie AG (HSE), Darmstadt, ist ein führender Energiedienstleister im Rhein-Main-Neckar-Raum und für den Bau und die Instandhaltung von Leitungsnetzen verantwortlich. Zudem werden Energieerzeugungs- und Entsorgungsanlagen betrieben. Im Unternehmensverbund werden Privatkunden, Geschäftskunden und öffentliche Einrichtungen mit Strom, Gas, Wärme und Trinkwasser versorgt. Zur Sicherstellung der Stromversorgung dienen rd. 4 000 Netzstationen.

Seit 1969 werden Netzstationen (Ortsnetz- und Kundenstationen) als fabrikfertige Stationen in Betonbauweise errichtet, um vom 20-kV-Mittelspannungsnetz auf das Niederspannungsnetz umzuspannen. Eine typische Netzstation vom Typ K 2000 im Versorgungsgebiet der HSE zeigt *Bild 1*. Das einmal eingeschlagene Stationskonzept wurde unter Beibehaltung wesentlicher Konstruktionsprinzipien den ständigen technischen Neuerungen und den wirtschaftlichen Erfordernissen angepasst, bei gleichzeitiger Berücksichtigung der durch neue Normen und Gesetzgebungen gestiegenen Anforderungen. Vor allem ist in den letzten Jahren der Umwelt- und Personenschutz in

den Mittelpunkt gerückt und hat in neuen bzw. überarbeiteten Normen seinen Niederschlag gefunden [1].

Gesetze, Normen und Vorschriften für den Stationsbau

Das Produkthaftungsgesetz verpflichtet den Hersteller, nach den anerkannten Normen und Regeln der Technik zu bauen, die Berufsgenossenschaftlichen Vorschriften (BGV) den Betreiber, Anlagen und Betriebsmittel entsprechend den elektrotechnischen Regeln zu errichten und zu betreiben. Das Arbeitsschutzgesetz verpflichtet den Arbeitgeber alle erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes unter Berücksichtigung der Umstände zu treffen, die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit beeinflussen. Bei allen neueren Gesetzen, Normen und Vorschriften ist vor allem der Personenschutz in den Vordergrund getreten und einzuhalten.

*Bild 2* vermittelt einen Eindruck über die Zunahme von Gesetzen, Normen, Vorschriften und Verordnungen für den Bereich des Stationsbaus, wobei es sich hierbei lediglich um einen Ausschnitt handelt. Im Bereich des Um-

weltschutzes sind seit 1986 die Vorschriften des Gesetzes zur Ordnung des Wasserhaushalts (WHG) und seit 1996 die 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (EMV) umzusetzen. Im Jahr 1997 wurde in Deutschland mit dem Weißdruck der VDE 0670, Teil 611, die DIN EN 61330 (IEC 1330) [2] eingeführt, die eine Typprüfung über verschiedene, u. a. sicherheitsrelevante Anforderungen für in der Fabrik gefertigte Stationen vorsieht.

Zahlreiche bauliche Anforderungen müssen durch die Konzeption des Betongehäuses erfüllt werden. Dazu gehören z. B. die Erfüllung der Anforderungen des WHG durch den Einsatz einer öldichten Betonrezeptur, die Sicherstellung einer ausreichenden Abfuhr der Verlustwärme des Transformators durch den Nachweis der Gehäuseklasse (Erwärmungsmessung) unter Einbeziehung ausreichender Lüftungsdimensionierungen [3], die Erfüllung des Mindest-Schutzgrades, des Berührungsschutzes oder der Einhaltung von Grenzwerten hinsichtlich der Auswirkungen elektromagnetischer Felder.

Die höchsten Anforderungen an die Konstruktion und Ausführung einer Ortsnetzstation werden aller-



*Bild 1. Station K 2000 im Netz der HSE*

Dieter Lehmer, Leiter Netzservice, Heag Südheussische Energie AG, Darmstadt,  
Dr. Illo-Frank Primus, Geschäftsführer Technik, Betonbau GmbH & Co. KG, Waghäusel,  
und Thomas Göhlsch, Leiter Entwicklung, Fritz Driescher & Söhne GmbH, Moosburg.

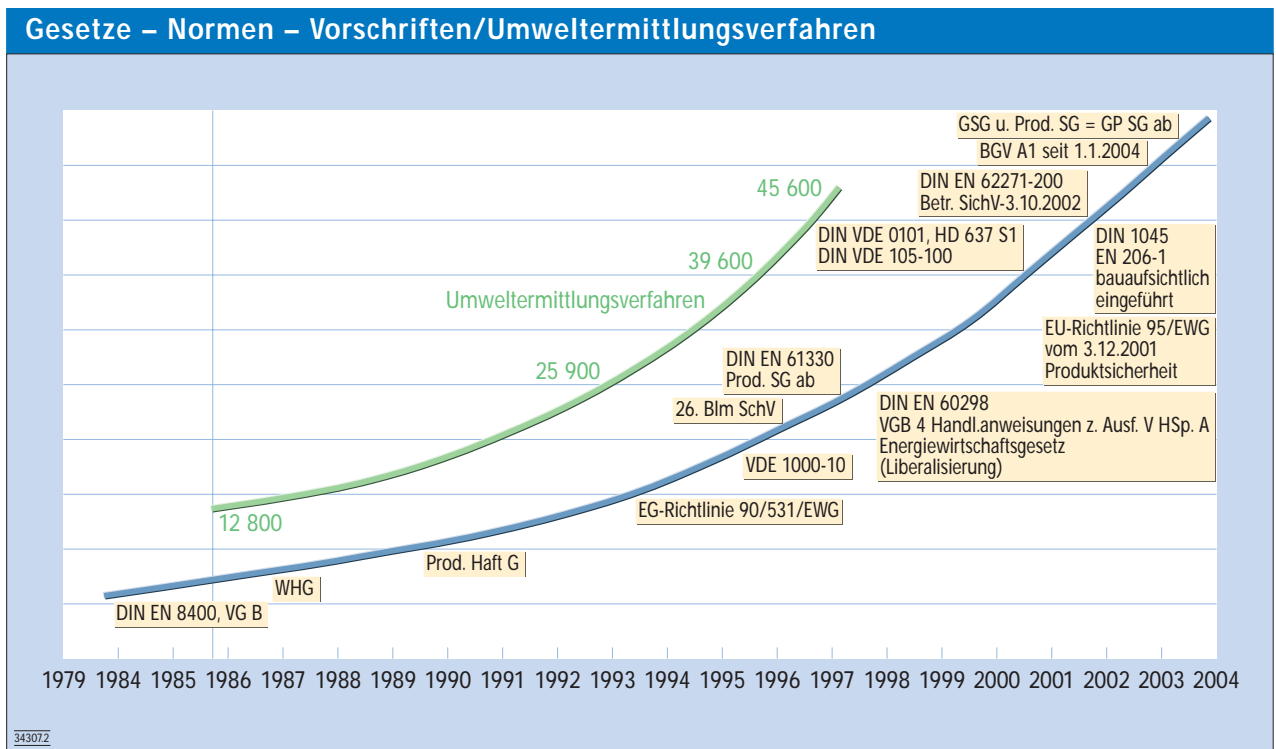


Bild 2. Zunahme von Gesetzen, Normen, Vorschriften für den Stationsbau und Umweltermittlungsverfahren

dings im Bezug auf die Störlichtbogenfestigkeit erhoben. Um diese nachzuweisen, werden Störlichtbogenprüfungen zur Beurteilung der Auswirkungen eines inneren Fehlers auf das Stationsgehäuse, aber auch im Hinblick auf den Personenschutz sowohl des Anlagenbedieners wie der Öffentlichkeit in akkreditierten Prüfinstituten durchgeführt. Das Verhalten der Kombination von Mittelspannungsschaltanlage und Stationsgebäude bei inneren Fehlern wird nach den Kriterien der VDE 0670, Teil 611, geprüft. Die erfolgreichen Prüfungen für den Nachweis des Schutzes des Bedienenden (Zugänglichkeitsgrad A) sowie des Schutzes von Passanten (Zugänglichkeitsgrad B) liefern dem organisatorisch Verantwortlichen (Arbeitgeber) die Sicherheit, dass ausreichende technische Maßnahmen ergriffen wurden, um eine Gefährdung für Leben und Gesundheit zu vermeiden.

#### Störlichtbogenprüfung an einer fabrikfertigen Schaltanlage

Auch für die eingesetzten MS-Schaltanlagen, die als fabrikfertige, metallgekapselte Schaltanlagen seit Jahrzehnten erfolgreich in den Mittelspannungsnetzen eingesetzt

werden, müssen alle entscheidenden Eigenschaften vom Hersteller durch Typprüfungen nachgewiesen werden, u. a. die elektrische Festigkeit, die Strombelastbarkeit, das Schaltvermögen sowie die Kurzschluss- und Störlichtbogenfestigkeit. Im Oktober 2004 ist hierzu in Deutschland die DIN VDE 0671, Teil 200 (DIN EN 62 271/200) [4] veröffentlicht worden, die die Vorgängernorm DIN 0670, Teil 6, (DIN EN 60 298) abgelöst hat. Die neue Norm wurde komplett überarbeitet, neue Begriffe und Klassifikationen wurden festgelegt.

Die in der hier beschriebenen begehbaren Ortsnetzstation vom Typ K 2000 eingesetzten luftisolierten, metallgekapselten Mittelspannungs-Lastschaltfelder stammen aus der Schaltfeldfamilie F24 der Fritz Driescher & Söhne GmbH, Moosburg. Die Schaltfelder zeichnen sich durch eine platzsparende Leichtbauweise aus und sind mit Schublasttrennschaltern von Typ H27 bestückt. Die Lasttrennschalter werden dabei mit dem Antrieb nach vorn in das Schaltfeld eingebaut (Bild 3). Dieser Fronteinbau bietet zwei deutlich Vorteile. Der Schalter kann mit einem Steckhebel direkt an der Schalterwelle betätigt werden, sodass ein spezieller Übertra-

gungsmechanismus entbehrlich wird. Zudem stellt bei geöffneter Feldtür der Schalterantrieb eine gewisse Barriere zu dem dahinterliegenden Hochspannungsbereich dar.

Bei nur 650 mm Schaltfeldtiefe kann in dieser luftisolierten Bauweise eine Feldbreite von 750 mm realisiert werden. Weitere Ausführungen der F24-Schaltfelder haben bei gleicher Feldtiefe eine Breite von 600 bzw. 900 mm (Messfeld). Zur Beherrschung von Störlichtbögen können die Schaltfelder wahlweise mit einer Druckentlastung nach oben oder nach unten ausgestattet werden. Für den Einsatz in der Station K 2000 wurde die Ausführung mit der Druckentlastung nach unten gewählt.

Die Schaltfelder F24 wurden beim IPH, Berlin, einer Störlichtbogenprüfung nach EN 62271-200 unterzogen. Dabei wurden die Anforderungen der Störlichtbogenqualifikation »IAC A FL 16 kA 1s« erfolgreich nachgewiesen. Das bedeutet, dieser Schaltanlagentyp bietet für unterwiesenes Fachpersonal (Zugänglichkeitsgrad A) vor der Vorderfront (F) und der Seitenwand (L) ausreichenden Schutz gegen die Auswirkungen von Störlichtbögen, die von einem Kurzschlussstrom

## Schaltfelder F24



Bild 3. Dreifeldrige Anlage von Typ F24

von 16 kA über die Dauer von 1 s gespeist werden. Die Rückwand der Anlage ist in der Station nicht zugänglich.

Die Störlichtbogenprüfung der Schaltanlage fand dabei in einer Raumnachbildung statt, in der nur Boden, Decke und zwei senkrecht aneinander stehende Wände den Austritt der Plasma- und Gaswolke beschränken. Die Störlichtbogenprüfungen der Schaltanlage zeigten bei der Druckentlastung nach unten, wenn also die Ausbreitungsrichtung des Lichtbogens und die Druckentlastungsrichtung übereinstimmen, um nahezu 50 % niedrigere Druckamplituden im Schaltfeldinnern als bei Druckentlastungen nach oben. Es traten erhebliche, aber beherrschbare Drücke auf, wobei die Druckentlastung über einen den Kabelkeller der Station nachbildenden Kanal ins Freie stattfand. Dass die Störlichtbogenprüfung der Anlage bereits nach den Anforderungen der neuen Norm durchgeführt wurde, ist an der Angabe der IAC-Qualifikation auf dem Typenschild zu erkennen.

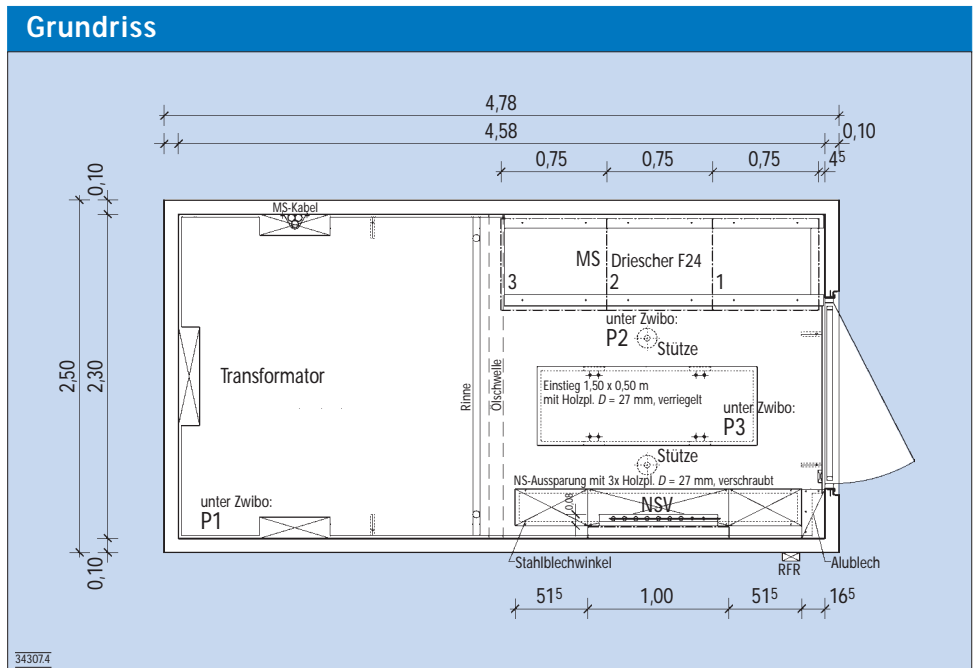


Bild 4. Grundriss der geprüften Station K 2000; P1, P2, P3 = Druckmessorte

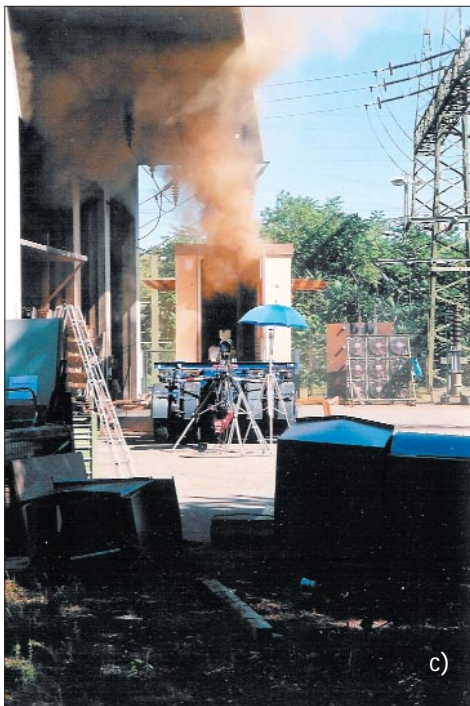
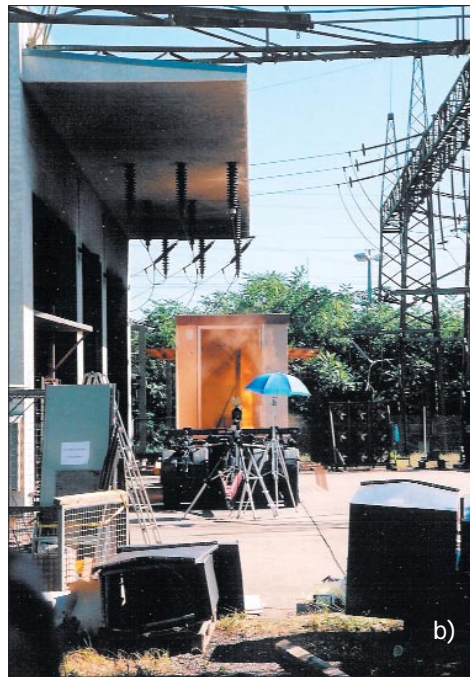


Bild 5. Ortsnetzstation auf dem Prüffeld  
 a) Indikatoren Zugänglichkeitsgrad A,  
 b) und c) Prüfablauf Zugänglichkeitsgrad A  
 d) Indikatoren Zugänglichkeitsgrad B

### Störlichtbogenprüfung der Ortsnetzstation K 2000

Die Störlichtbogenprüfung zur Beurteilung der Auswirkung eines inneren Fehlers in einer Ortsnetzstation unterscheidet sich von der Störlichtbogenprüfung der Schaltanlage dadurch, dass die Druckverhältnisse und die Strömungsver-

hältnisse der heißen Gase durch die spezifische Konstruktion des Stationsgehäuses und die begrenzende Hülle des Baukörpers (Gehäuse) deutlich beeinflusst werden. In der Regel erhöhen sich durch die Kombination von Schaltanlagen und Stationsgehäuse die auftretenden Druckamplituden; und der Druck wird aufgrund der spezifischen

Strömungsbedingungen langsamer abgebaut, was im Allgemeinen auch zu einer erhöhten Beanspruchung der Schaltanlage führt.

Der Grundriss der geprüften Ortsnetzstation K 2000 mit eingebauter Mittelspannungsschaltanlage, eingebautem Transformator und eingebauter Niederspannungsverteilung ist in *Bild 4* wiedergegeben. Der Stationskörper ist fugenlos aus einem Guss in Betonbauweise hergestellt. Die Zugänglichkeit zum Schalter und Transformatorraum wird durch eine rechts angeschlagene Aluminiumtür ermöglicht. Wie Baukörper und Dach muss auch die Zugangstür mit den Lüfterelementen den Druckbeanspruchungen gewachsen sein. Die Tür ist mit einem Stationsschloss mit Dreipunkt-Verriegelung und mit eigens konstruierten verdeckt liegenden massiven Innenscharnieren ausgerüstet. Die Station ist auf einer an den Wänden und einigen Stützen aufgelagerten Beton-Zwischenplatte, die den Schalterraum vom Kabelkeller abtrennt, begehbar.

Die Station K 2000 der HSE mit den Grundrissabmessungen 2,50 m x 4,78 m (B x L), ausgestattet mit einer dreifeldrigen Mittelspannungsschaltanlage F24-756519 (*Bild 3*), wurde bei der FGH Engineering und Test GmbH, Mannheim, einer Störlichtbogenprüfung nach DIN VDE 0670, Teil 611 (IEC 1330/EN 61330) unterzogen. *Bild 5* zeigt die zu prüfende Ortsnetzstation auf dem Prüffeld. Die zum Nachweis gemäß Typprüfung nach DIN VDE 0670, Teil 611, erforderlichen Indikatoren sind angebracht. Die Station war mit allen Bauteilen vollständig bestückt.

Es wurden zwei Versuche (Zugänglichkeitsgrad A und Zugänglichkeitsgrad B) durchgeführt. Die Prüfanordnung bzw. Lichtbogenzündorte sind *Bild 6* zu entnehmen. Die Versuche wurden mit einem Kurzschlussstrom von 16 kA, der über die Dauer von 1s gespeist wurde, durchgeführt.

Die Druckentlastung der auf der rechten Seite der Station angeordneten Mittelspannungsschaltanlage findet nach unten in den Kabelkellerraum statt. Somit sind die mit am höchsten beanspruchten Stationskonstruktionsbausteine zunächst der Kabelkeller und hier vor allem die Beton-Zwischenbodenplatte sowie die in der Betonzwi-

## Lichtbogenzündorte

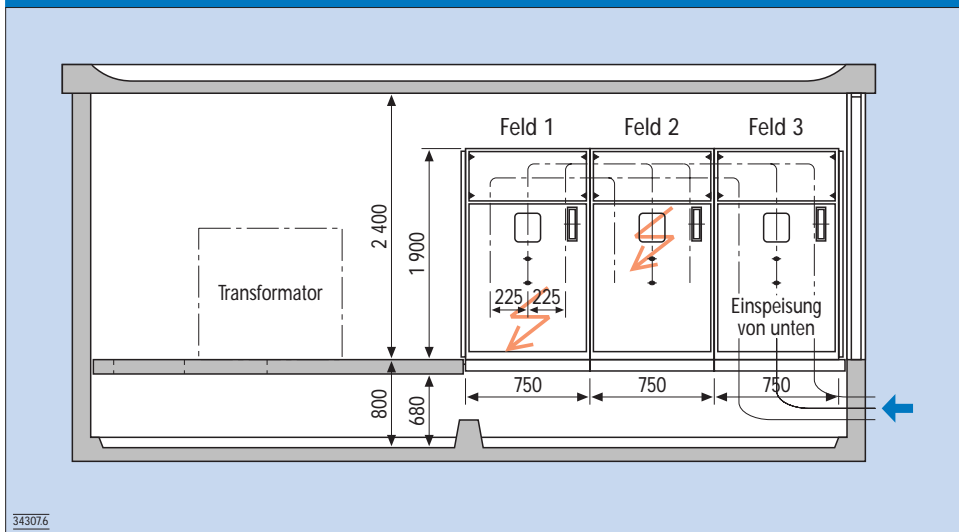


Bild 6. Anordnung und Lichtbogenzündorte

schonbodenplatte befindlichen Einstiegsluken, die aus 27-mm-Sperrholzplatten bestehen und mit einer Spezialverriegelung herausnehmbar und gleichzeitig druckfest verriegelbar sind. Die eingebaute Niederspannungsverteilung wird kabelseitig ebenfalls mit abschraubbaren Holzplatten zum Kabelkeller hin druckfest abgedichtet.

Zur Druckentlastung dienen in der Beton-Zwischenbodenplatte drei Druckentlastungsöffnungen, die rund um den Transformator angeordnet sind (Bild 4). Die Druckwelle wird somit über den Kabelkellerraum sowie über die Druckentlastungsöffnungen in der Zwischenbodenplatte in den Schaltanlagenraum gelangen und von dort aus über die Türöffnung bei der Prüfung nach Zugänglichkeitsgrad A ins Freie oder über die Lüftungsöffnungen der geschlossenen Tür, die gleichzeitig als Druckentlastungsöffnung des Gehäuses dienen, bei der Prüfung nach Zugänglichkeitsgrad B ins Freie geführt.

Zum Nachweis des Schutzes des Bedienenden, gemäß Zugänglichkeitsgrad A, wurde die Stationstür offen gehalten und die Indikatoren im Innern der Station in 30 cm Abstand um die Anlage herum positioniert (Bild 5). Gemäß Prüfprotokoll wurden alle erforderlichen Kriterien erfüllt. Es zeigte sich, dass sich im Kabelkeller unterhalb des Beton-Zwischenbodens trotz der Druckentlastungsöffnungen ein Druckmaximum von 120 mbar ein-

stellte, das übrigens auch an der Stelle unter den abnehmbaren Holzeinstiegsplatten vorherrschte. Eine unter gleichen Bedingungen durchgeführte Störlichtbogenprüfung (Zugänglichkeitsgrad A) jedoch bei einem Kurzschluss-Wechselstrom von 11,3 kA über eine 1s erbrachte an den gleichen Stellen Druckmaxima von rd. 90 mbar.

Um den Zugänglichkeitsgrad B für die Öffentlichkeit und die Passanten zu prüfen, wurde die Stationstür geschlossen. Es wurden 40 g/m<sup>2</sup>-Indikatoren im Abstand von 100 mm an allen gefährdeten Stellen positioniert (Bild 5 d). Das Druckmaximum im Kabelkeller erreichte auch bei dieser Prüfung 120 mbar, das Druckmaximum vor der geschlossenen Zugangstür betrug 50 mbar. Bei einem Kurzschluss-Wechselstrom von 16,6 kA über die Laufzeit von 1s wurde auch diese Prüfung erfolgreich absolviert, sodass alle Kriterien und Anforderungen erfüllt und der Personenschutz/Passantenschutz nachgewiesen wurde [5].

### Zusammenfassung

Die begehbaren Transformatorenstationen im Versorgungsgebiet der HSE erfüllen aufgrund der speziellen Bauweise, die durch Normen, Gesetze und Verordnungen vorgeschriebenen technischen Anforderungen und Spezifikationen. Erneut konnte an einer Ortsnetzstation vom Typ K 2000 mit einer luftisolierten Schaltanlage vom Typ F24 der

Nachweis erbracht werden, dass auch die durch einen Störlichtbogen verursachten Auswirkungen, vor allem im Hinblick auf den Personenschutz für Bediener und Passanten, bei einer wirtschaftlichen Konstruktion mit der vorgestellten und in der Praxis umgesetzten Bauweise erfüllt werden.

### LITERATUR

- [1] Primus, I.-E., Buchenau, R., Schlüter, B.: Sicherheit und Schutz beim Betreiben von Ortsnetzstationen. etz, (2001) 20, S. 22 – 28.
- [2] DIN VDE 0670, Teil 611; EN 61330 (1996); IEC 1330 (1995): Fabrikfertige Stationen für Hochspannung/Niederspannung. Beuth-Verlag GmbH, Berlin, August 1997.
- [3] Primus, I.-E., Schenk, M.: Einfluss des Strömungswiderstandsbeiwertes von Lüfterelementen auf die Kühlung von Transformatoren in Kompaktstationen. ew, Jg. 102 (2003), H. 24, S. 48 – 55.
- [4] DIN EN 62271-200 (VDE 0671 Teil 200), Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Metallgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschließlich 52 kV, (10/2004).
- [5] Prüfbericht L 04088, FGH, Mannheim-Rheinau, 23.12.2004.

(34307)

[www.hse.ag](http://www.hse.ag)

[www.betonbau.com](http://www.betonbau.com)

[www.driescher.de](http://www.driescher.de)