Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 92 (2001)

Heft: 18

Artikel: Personensicherheit beim Bedienen von Hochspannungsschaltanlagen

Autor: Knaak, Jürgen

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-855753

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Personensicherheit beim Bedienen von Hochspannungsschaltanlagen

Die Betreiber und Errichter von Hochspannungsanlagen sind verpflichtet, die jeweils aktuell gültigen gesetzlichen Bestimmungen und Vorschriften einzuhalten. Für das Errichten und den Betrieb von Anlagen grösser als 1 kV sind in den vergangenen Jahren neue internationale und europäische Regeln und Normen in Kraft getreten, die erhöhte Anforderungen an die Personensicherheit des Betriebspersonals beim Bedienen von Hochspannungsschaltanlagen und den Schutz von Passanten stellen. Berichtet wird über den aktuellen Stand der Vorschriften und Bestimmungen zur Personensicherheit von Hochspannungsschaltanlagen bis 36 kV – international bis 52 kV. Betreiber und Errichter müssen sich auf die veränderte Situation und erweiterte Verantwortung einstellen und im Einzelfall geeignete Massnahmen umsetzen.

■ Jürgen Knaak

Gesetz- und Normensituation

Nationale Gesetzgebung in der Schweiz

Im «Bundesgesetz betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen» SR 734.0 und der anhängenden «Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung)» SR 734.2 wird gefordert, dass Starkstromanlagen der Starkstromverordnung entsprechend zu erstellen, instand zu halten und kontrolliert werden müssen. Enthält diese Verordnung keine Vorschriften, so gelten die anerkannten Regeln der Technik, insbesondere die international harmonisierten technischen Normen.

Die Betreiber von Hochspannungsanlagen sind nach dem «Bundesgesetz über die Unfallversicherung UVG» SR 832.20 mit den anhängenden Verordnungen zu einer möglichst hohen Arbeitssicherheit für Angestellte bzw. Bedienstete verpflichtet.

Adresse des Autors
Jürgen Knaak
Mitglied in der Kommission Sicherheit
im Elektrizitätswerk des VSE
Axpo
Pestalozzistrasse 6
9001 St.Gallen

Internationale und europäische Normen und Bestimmungen

Internationale und europäische Normen für Hochspannungsschaltanlagen werden erarbeitet und verabschiedet in

- IEC – Internationale Elektrotechnische Kommission
- Cenelec – Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung.

Wird eine Cenelec-Norm als europäische Norm angenommen, sind die Cenelec-Mitglieder nach der CEN/Cenelec-Geschäftsordnung gehalten, dieser europäischen Norm ohne jede Änderung den Status einer nationalen Norm zu geben. Cenelec-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Kommitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und das Vereinigte Königreich.

Dies bedeutet, dass in den entsprechenden Bundesgesetzen der Schweiz jeweils die aktuellen Cenelec-Normen mit aufgenommen werden müssen. Die wichtigsten Gesetze und aktualisierten Normen für den Personenschutz in Hochspannungsschaltanlagen bis 52 kV sind in Tabelle I aufgeführt.

Seit über 20 Jahren werden metallgekapselte, fabrikfertige und typgeprüfte Schaltanlagen statt der früheren offenen Bauweise errichtet. Sie erfüllen optimal die Anforderungen bezüglich der hohen Personen-, Bedien- und -Betriebssicherheit sowie Verfügbarkeit. Sie sind besonders wirtschaftlich während der gesamten Lebensdauer. Bei den nachfolgenden Ausführungen wird daher von fabrikfertigen, typgeprüften Schaltanlagen nach IEC 60298 ausgegangen. Offene Schaltanlagen werden nach und nach aufgrund ihres Alters, der verminderten Betriebs-

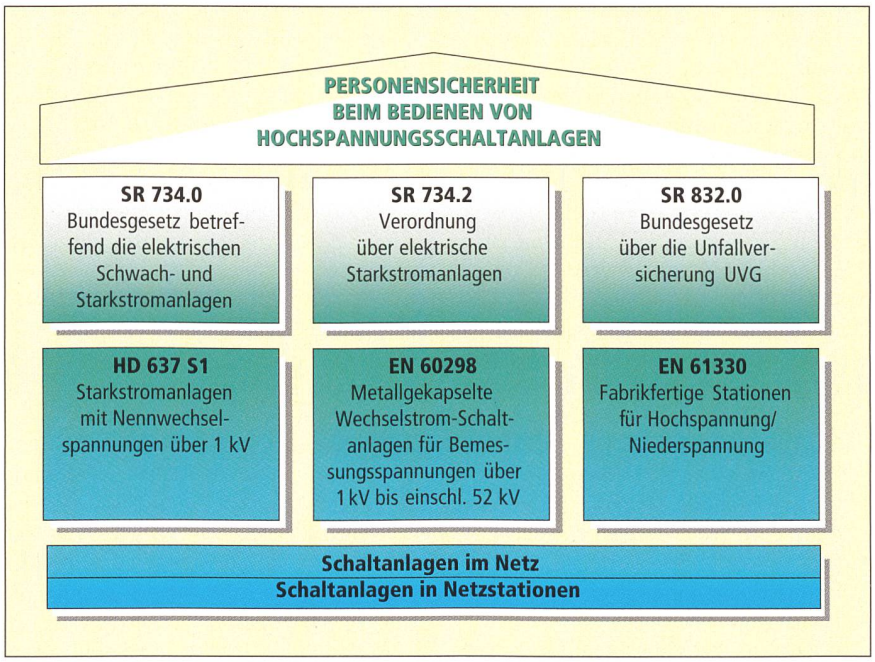

Bild 1 Vorschriften für die optimale Sicherheit.

Bezeichnung	International IEC	Europa Cenelec	Schweiz	Deutschland DIN VDE
Bundesgesetz betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen			SR 734.0	
Verordnung über elektrische Starkstromanlagen			SR 734.2	
Starkstromanlagen mit Nennstehwechselspannungen über 1 kV	Nein (beantragt)	HD 637 S1 (Januar1999)	HD 637 S1 (Januar1999)	DIN VDE 0101 (Januar 2000)
Metallgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungs-spannungen über 1 kV bis einschliesslich 52 kV	IEC 60298 (1994 + 1995)	EN 60298 (Januar 1996)	EN 60298 (Januar 1996)	DIN EN 60298 (Mai 1998)
Fabrikfertige Stationen für Hochspannung/Niederspannung	IEC 61330 (1995)	EN 61330 (Januar 1996)	EN 61330 (Januar 1996)	DIN EN 61330 (August 1997)

Tabelle I Gesetze und Normen für den Personenschutz in Hochspannungsschaltanlagen.

sicherheit und der nicht vorhandenen Personensicherheit durch metallgekapselte und typgeprüfte Anlagen ersetzt werden. Die Anforderung zur Erfüllung einer maximalen Personensicherheit beim Bedienen und/oder im Falle eines inneren Fehlers (Störlichtbogen) muss unabhängig von der jeweiligen Schaltanlagenausführung, bei luft- als auch gasisolierten Anlagen erreicht werden.

Personensicherheit beim Bedienen aus Sicht der Vorschriften

Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV

Dieses europäische Harmonisierungsdokument HD 637 S1 hat als Ausgangsbasis die frühere VDE 0101, Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1 kV und die VDE 0141, Erdungen für Starkstromanlagen über 1 kV. Bekanntlich geht der historische Ursprung mit einer über einhundertjährigen Geschichte der VDE 0101 bis auf die Jahre 1898 mit der so genannten 1. Fassung der Hochspannungsvorschriften und 1899 mit der 1. Fassung der Mittelspannungsvorschriften zurück. Entsprechend den Wünschen der Cenelec enthält das neue Harmonisierungsdokument HD 637 S1 auch Regelungen über die Erdung von Starkstromanlagen und ersetzt hiermit auch entsprechende Vorgängernormen.

Das jetzt verabschiedete Harmonisierungsdokument ist der erste Versuch in Europa zur Angleichung der unterschiedlichen Praktiken für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV. Es enthält Mindestanforderungen für die ausreichende Zuverlässigkeit und den sicheren Betrieb einer Starkstromanlage über 1 kV.

Das neue Harmonisierungsdokument HD 637 S1 enthält «Anforderungen für Projektierung und Errichtung von Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1 kV, um eine sichere und störungsfreie Funktion im bestimmungsgemässen Betrieb sicherzustellen». Über die bisherigen Inhalte der nationalen Vorgänger-Normen und -Bestimmungen hinaus werden im Abschnitt «Schutzmassnahmen» sehr detaillierte Massnahmen zum Personenschutz gefordert. Das grundsätzliche Ziel ist zunächst: «Anlagen sind in der Weise zu errichten, dass das Bedienungs- und Instandhaltungspersonal jeden Punkt der Anlage gefahrlos erreichen kann und bei Bedarf im Rahmen von Aufgaben und Berechtigungen eingreifen kann».

Im Abschnitt «Schutz vor Gefährdung durch Störlichtbogen» wird gefordert: «Schaltanlagen sind so zu errichten, dass das Personal beim Bedienen soweit wie möglich gegen Störlichtbögen geschützt ist».

Die nachstehenden Massnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch Störlichtbogen dienen als Leitfaden für Projektierung und Errichtung von elektrischen Anlagen. Der Umfang ist zwischen Lieferant und Betreiber zu vereinbaren:

- Schutz gegen Bedienungsfehler. Der Schutz kann zum Beispiel sichergestellt werden durch:
  - Lasttrennschalter anstelle von Trennschaltern,
  - einschaltfeste Erdungsschalter,
  - Verriegelungseinrichtungen,
  - unverwechselbare Schlüsselsperren,
- Bedienungsgänge so kurz, hoch und breit wie möglich,
- geschlossene Kapselungen oder Abdeckungen anstelle von Abdeckungen mit Öffnungen oder Maschendraht,
- Anlagen, die gegen innere Lichtbogenfehler geprüft sind, anstelle von Anlagen in offener Bauweise,
- Ablenkung der Lichtbogengase in eine vom Bedienungspersonal abgewandte Richtung und, falls erforderlich, Ausleitung aus dem Gebäude,
- Einsatz von Strombegrenzungseinrichtungen,
- sehr kurze Auslösezeit durch schnellwirkende Relais oder auf Druck, Licht oder Wärme ansprechende Einrichtungen.
- Bedienung der Anlage aus sicherer Entfernung.

Besonders ist darauf hinzuweisen, dass durch die Massnahmen Lasttrennschalter statt Trennschalter, einschaltfeste Erdungsschalter, Verriegelungseinrichtungen bzw. unverwechselbare Schlüsselsperren nicht nur der Schutz des Personals, sondern auch der für die Anlage selber deutlich erhöht werden kann. Alle anderen aufgelisteten Massnahmen verhindern keinen Störlichtbogen, sondern sollen das Bedienungspersonal im Falle eines inneren Fehlers (Störlichtbogen) schützen.

Strombegrenzungseinrichtungen und/oder sehr kurze Abschaltzeiten bieten nur im Zusammenhang mit metallgekapselten und gasisolierten Schaltanlagen einen ausreichenden Personenschutz. Sie reduzieren in diesen Fällen die Schadensauswirkungen durch Störlichtbogen innerhalb und die Auswirkungen ausserhalb der Schaltanlage erheblich. Hierdurch kann ein guter Schutz des Bedienpersonals erreicht werden.

Eine besondere Problematik liegt in der Angabe «Die nachstehenden Massnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch Störlichtbogen dienen als Leitfaden für Projektierung und Errichtung von elektrischen Anlagen. Der Umfang ist zwischen Lieferant und Betreiber zu vereinbaren». Insbesondere die Betreiber von Hochspannungsschaltanlagen werden in die Eigenverantwortung für ihre Mitarbeiter genommen, welche Massnahmen aus dem Leitfaden zum Schutz des Bedienungspersonals umgesetzt werden sollen. Die Sicherheitsstandards in den einzelnen europäischen Ländern sind heute sehr unterschiedlich. Die Cenelec-Mitglieder konnten sich daher nur auf

den kleinsten gemeinsamen Nenner einigen, nämlich auf einen «Leitfaden für die Projektierung und Errichtung von elektrischen Anlagen» und «Der Umfang ist zwischen Lieferant und Betreiber zu vereinbaren». Hier sind die nationalen elektrotechnischen Komitees oder die Verantwortungsträger für die Gesetze und Richtlinien der Unfallverhütung gefordert, im jeweiligen Lande für eine klare Aussage auf nationaler Ebene zu sorgen.

Dies gilt auch für die eventuelle Forderung zur Anpassung bestehender Anlagen zum Sicherstellen des Schutzes beim Bedienen. Das Harmonisierungsdokument HD 637 S1 stellt keine Anforderung zur Anpassung von Altanlagen. Aber gerade diese Altanlagen stellen im Einzelfall eine grosse Gefahrenquelle für Personen beim Bedienen dar. So wird in Deutschland zum Beispiel vom Fachausschuss Elektrotechnik der gewerblichen Berufsgenossenschaften eine Anpassung von Altanlagen zum Schutz der Personen beim Bedienen in der «Durchführungsanweisung zur VBG 4 (jetzt BG-Vorschrift A2)» gefordert. Der Betreiber ist somit im Rahmen der Unfallverhütungsvorschriften verpflichtet, ältere Schaltanlagen mit unverriegelten Trennschaltern zum Schutz des Bedienpersonals nachzurüsten.

Metallgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis 52 kV

Die elektrischen und mechanischen Bemessungsdaten von «Metallgekapselte Wechselstromanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschliesslich 52 kV» sind in IEC 60298 für fabrikfertige und typgeprüfte Schaltanlagen für Wechselstrom bis einschliesslich 60 Hz genau definiert. Im Gegensatz zu Anlagen, die nach dem Harmonisierungsdokument HD 637 S1 (Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV) errichtet werden, sind alle elektrischen und mechanischen Daten von luftisolierten und gasisolierten (Überdruck bis maximal 3 bar) Schaltanlagen gemäss den Prüfvorgaben in IEC 60298 durch Typ- und Stückprüfung nachzuweisen.

Die Norm «Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV» gilt nicht für die Konstruktion und Herstellung von fabrikfertigen typgeprüften Schaltanlagen. Sie ist jedoch für das Aufstellen fabrikfertiger typgeprüfter Anlagen anzuwenden. Dies trifft zum Beispiel für die Anforderungen an Gebäude oder die Erdungsanlagen ausserhalb der Schaltanlagen zu. Diese Schaltanlagen sind so aufzustellen, dass eine Gefährdung von Personen und Beschädigung von Sachgütern verhindert wird (Abschnitt 6.4.1).

Orte, wo innere Fehler erfahrungsgemäss am ehesten entstehen (1)	Mögliche Ursachen innerer Fehler (2)	Beispiele für Massnahmen (3)
Kabelendverschluss	Unzulängliche Konstruktion Fehlerhafte Montage	Wahl nicht zu kleiner Masse. Vermeidung von Kabelkreuzungen. Überprüfung der vor Ort ausgeführten Arbeiten und/oder Spannungsprüfungen vor Ort.
	Fehler in der festen oder flüssigen Isolation (schadhaft oder fehlend)	Überprüfung der vor Ort ausgeführten Arbeiten. Regelmässiges Prüfen des Flüssigkeitsstandes.
Trennschalter Lastschalter Erdungsschalter	Fehlbedienung	Verriegelung. Verzögertes Wiederöffnen. Unabhängige Handbetätigung. Last- und Erdungsschalter mit Einschaltvermögen. Anweisung für das Personal.
Schraubverbindungen und Kontakte	Korrosion	Verwendung korrosionshemmender Beschichtungen und/oder Fette. Umhüllungen, soweit möglich.
	Fehlerhafter Zusammenbau	Überprüfung der vor Ort ausgeführten Arbeiten mit geeigneten Mitteln.
Messwandler	Ferroresonanz	Vermeidung dieser Fehlerursache durch entsprechende Netzgestaltung.
Leistungsschalter	Nicht sachgemässe Instandhaltung	An den Betriebsverhältnissen angepasste Wartung. Anweisungen für das Personal.
Allgemein	Fehler durch Personal	Einschränkung der Zugänglichkeit durch Unterteilung in (Schott) Räume. Unter Spannung stehende Teile mit Isolierstoffumhüllung. Anweisungen für das Personal.
	Alterung unter elektrischer Beanspruchung	Teilentladungsprüfung als Stückprüfung.
	Verschmutzung, Feuchtigkeit, Staub, Kleintiere usw.	Massnahmen, die sicherstellen, dass die Betriebsbedingungen nach Abschnitt 2 eingehalten werden. Verwendung gasgefüllter Schotträume.
	Überspannungen	Überspannungsschutz. Angemessene Isolations-Koordination. Spannungsprüfungen vor Ort.

Tabelle II Fehlerorte, Ursachen und Beispiele für Massnahmen zur Minderung der Wahrscheinlichkeit innerer Fehler und zur Verringerung der von ihnen ausgehenden Gefährdung.

Die Konstruktion des Gebäudes muss der zu erwartenden mechanischen Belastung durch eine innere Druckbeanspruchung im Lichtbogenfall standhalten (Abschnitt 6.5.2.1).

In Abhängigkeit der Art der Schaltanlage und den räumlichen Gegebenheiten können unterschiedliche Massnahmen zur Erzielung der Druckfestigkeit des Gebäudes erforderlich werden. Beispielhaft hierfür sind Druckausgleichsöffnungen, Druckentlastungskanäle im Gebäude oder Druckabsorber auf den Schaltfeldern. Alle namhaften Hersteller von Schaltanlagen haben Berechnungsverfahren zur Feststellung der Druckerhöhung im Schaltanlagenraum und können bei der Planung unterstützend mitwirken.

Der grösstmögliche Personenschutz beim Bedienen wird nach dem derzeitigen Entwicklungsstand durch den Einsatz von metallgekapselten, fabrikfertigen und typgeprüften Schaltanlagen nach IEC 60298 erreicht. Die Entstehung eines inneren Fehlers beim Bedienen der Schaltanlage ist zum Beispiel durch exakt definierte Vorgaben und hieraus resultierende Typ- und Stückprüfungen für die Verriegelungen verhindert.

- Sehr kurze Auslösezeit, zum Beispiel durch licht-, druck- oder temperaturempfindlicher Detektoren oder durch Sammelschienen-Differenzialschutz
- Einsatz von geeigneten Sicherungen in Verbindung mit Schaltgeräten, um den Durchlassstrom und die Fehlerdauer zu begrenzen
- durch Fernsteuerung
- Druckentlastungseinrichtungen
- Bewegung eines Trennteiles in die oder aus der Betriebsstellung nur bei geschlossener Fronttür

Tabelle III Beispiele für Massnahmen zur Minderung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens und Begrenzung von Folgen innerer Fehler (Störlichtbogen) laut Anhang AA, Tabelle AA.2 der IEC 60298.

Im Anhang AA, Tabelle AA.1 der IEC 60298 werden die möglichen Fehlerorte bzw. Ursachen aufgezählt und Beispiele für Massnahmen zur Minderung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens und Begrenzung von Folgen innerer Fehler aufgelistet (Tabelle II).

Die aufgeführten Beispiele für Massnahmen zur Minderung der Wahrscheinlichkeit und zur Begrenzung der Folgen innerer Fehler lassen eine gewisse Übereinstimmung in der Zielsetzung von HD 637 S1 und der zeitlich vorher revidierten IEC 60298 erkennen. Der so genannte rote Faden zur Erreichung einer optimalen Personensicherheit von der Entwicklung, über den Bau bis zum Aufstellen und Betreiben einer Schaltanlage ist hier sehr gut nachvollziehbar.

Die Aussagen in IEC 60298, Abschnitt 5.101.4, Innere Fehler, sind unter anderem (zitiert wird ein Auszug):

«Im Bemühen um grösstmögliche Personensicherheit sollte das Hauptanliegen sein, innere Fehler zu vermeiden und ihre Dauer und Auswirkungen zu begrenzen.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass bestimmte Bereiche im Inneren der Kapselung als Fehlerorte eher in Frage kommen als andere. Daher sollte diesen Stellen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden».

Zur Orientierung wird dann auf Tabelle AA.1 (Tabelle II) und AA.2 (Tabelle III) verwiesen. Weiter heisst es dann in diesem Abschnitt: «Werden diese Massnahmen als nicht ausreichend angesehen, kann eine Prüfung nach Anhang AA zwischen Hersteller und Betreiber vereinbart werden. Diese Prüfung umfasst nur den Fall eines Lichtbogens, der völlig in Luft oder in einem anderen Isoliergas innerhalb der Kapselung brennt oder innerhalb von Bauteilen in Umhüllungen, die einen Teil der Kapselung bilden. Um mögliche Fehler in anderen Bauteilen zu berücksichtigen, müssen für die Sicherheit von Personen, die sich in der Nähe der Schaltanlage befinden, praktische Schritte unternommen werden».

Im Anhang AA der IEC 60298 ist das «Verfahren für die Lichtbogenprüfungen von metallgekapselten Schaltanlagen bei inneren Fehlern» vorgeschrieben. Als Beurteilungskriterien für eine erfolgreich durchgeführte Prüfung werden die Kriterien Nr. 1 bis 6 herangezogen (Tabelle IV).

Kriterium Nr. 1	Ob sich ordnungsgemäss gesicherte Türen, Abdeckungen usw. nicht öffnen.
Kriterium Nr. 2	Ob keine Teile (der metallgekapselten Schaltanlage), die eine Gefährdung verursachen können, wegfliegen. Hierzu gehören grosse Teile oder Teile mit scharfen Kanten, zum Beispiel Sichtfenster, Druckentlastungsklappen, Abdeckplatten usw.
Kriterium Nr. 3	Ob nicht durch Lichtbogeneinwirkung Löcher in die frei zugänglichen äusseren Teile der Kapselung infolge Durchbrennens oder aufgrund anderer Einwirkungen entstehen.
Kriterium Nr. 4	Ob sich nicht Indikatoren, die senkrecht angebracht sind (siehe AA.5.3), entzünden. Indikatoren, die durch brennende Farbanstriche oder brennende Aufkleber entzündet werden, sind von dieser Beurteilung auszuschliessen.
Kriterium Nr. 5	Ob sich nicht Indikatoren, die waagrecht angebracht sind (siehe AA.5.3) entzünden. Sollten sie während der Prüfung zu brennen beginnen, ist das Beurteilungskriterium dennoch als erfüllt anzusehen, falls nachweisbar sichergestellt ist, dass die Zündung durch glühende Partikel und nicht durch heisse Gase erfolgte. Der Nachweis sollte durch Aufnahmen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera erbracht werden.
Kriterium Nr. 6	Ob noch alle Erdverbindungen wirksam sind.

Tabelle IV Beurteilungskriterien 1–6 der IEC 60298, Anhang AA.

Bezüglich der Anordnung der Indikatoren wird unterschieden nach dem Grad der Zugänglichkeit:

Typ A: Metallgekapselte Schaltanlagen, die nur Elektrofachkräften und auf elektrotechnischem Gebiet unterwiesenen Personen zugänglich sind.

Typ B: Metallgekapselte Schaltanlagen, die uneingeschränkt zugänglich sind, auch der allgemeinen Öffentlichkeit.

Als Nachbildung eines Raumes sollten mindestens der Fussboden, die Decke, zwei zueinander rechtwinklige Wände und Kabelkanäle bei der Prüfung vorhanden sein. Die Aufstellungsbedingungen sollten so gut wie möglich den normalen Betriebsbedingungen entsprechen.

Die Prüfdauer sollte in der Regel eine Sekunde nicht überschreiten. Sie wird unter Zugrundelegung der tatsächlich im Netz auftretenden Lichtbogendauer – vorgegeben durch die Staffelzeiten der Schutzrelais – festgelegt. Da nicht jeder Einzelfall individuell geprüft werden kann, beträgt die normale Lichtbogendauer für die Prüfungen in der Praxis eine Sekunde.

Die Zündorte/der Zündort im Schaltfeld muss so gewählt werden, dass die Auswirkungen des entstehenden Lichtbogens die grösste Beanspruchung im Schaltfeld hervorrufen.

In Abschnitt AA.7, Prüfbericht, der IEC 60298 wird exakt angegeben, welche Informationen ein Prüfbericht über die durchgeführten Lichtbogenprüfungen enthalten muss.

Die vorbeschriebene Lichtbogenprüfung von metallgekapselten Schaltanlagen bei inneren Fehlern ist als Empfehlung Bestandteil der IEC 60298:1990 + Corrigendum 1995 + A1: 1994 und wurde so als harmonisierungspflichtige europäische Norm am 28. November 1995 von den Cenelec-Mitgliedern verabschiedet.

Fabrikfertige Stationen für Hochspannung/Niederspannung

Das Harmonisierungsdokument HD637 S1 Starkstromanlagen mit Nennstehwechselspannungen über 1 kV behandelt Anlagen in *abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten* und umfasst somit in erster Linie den Schutz der zugangsberech-

tigten Personen. Netzstationen werden jedoch in der Regel an öffentlich zugänglichen Orten aufgestellt. Aus diesem Grunde muss der Personensicherheit auch ausserhalb des Stationsgebäudes einer besonderen Aufmerksamkeit öffentlichen Interesses beigemessen werden.

Das Regelwerk der «Fabrikfertigen Stationen für Hochspannung/Niederspannung» ist in der IEC 61330 erfasst und wurde als europäische Norm am 28. November 1995 von Cenelec angenommen. Analog den fabrikfertigen typgeprüften Schaltanlagen nach IEC 60298 wurden allgemeine Konstruktionsanforderungen und Prüfverfahren für fabrikfertige Stationen über 1 kV bis 52 kV, Wechselstrom bis 60 Hz und für Transformatoren mit einer maximalen Leistung von 1600 kVA festgelegt. Die fabrikfertigen Stationen sind definitionsgemäss von innen oder von aussen bedienbar, mit Kabeln angeschlossen und für Freiluftaufstellung an öffentlich zugänglichen Orten geeignet. Sie können unterirdisch, teilweise unterirdisch oder oberirdisch aufgestellt sein. Für die komplett bestückte fabrikfertige Station werden die Betriebsbedingungen, die Einstufungen nach Bemessungsdaten, der Bau und die Konstruktion, die Typprüfungen und die Stückprüfungen definiert. Weiter wird eine Anleitung für die Auswahl von fabrikfertigen Stationen für den Betrieb, Hinweise zu Angaben in Anfragen, Angeboten und Bestellungen sowie Hinweise für Transport, Aufstellung, Betrieb und Instandhaltung gegeben.

Die Thematik innerer Fehler (Störlichtbogen) wird in starker Anlehnung an die vorgenannten Ausführungen für metallgekapselte Schaltanlagen nach IEC 60298 behandelt. Folgender wichtiger Unterschied ist jedoch bei dem Grad der Zugänglichkeit vorhanden:

Typ A: Teil einer fabrikfertigen Station mit geöffneten Türen, die von aussen bedient werden und nur unterwiesenen Personen zugänglich sind.

Typ B: Fabrikfertige Stationen, die uneingeschränkt zugänglich sind, auch der allgemeinen Öffentlichkeit. Alle Türen müssen geschlossen und zuverlässig gesichert werden.

In der Regel sind diese Stationen an Orten aufgestellt, die der allgemeinen Öffentlichkeit zugänglich sind. Die Prüfung für den Zugänglichkeitgrad B (so genannter Passantenschutz) ist also für die Station durchzuführen. Nicht begehbare Kompaktstationen werden von aussen bedient. Für diese Stationen ist nach Abschnitt A.5.3.4 der IEC 61330 die kombinierte Prüfung zulässig:

- Prüfung der eingebauten Schaltanlage für Zugänglichkeitsgrad A bei offenen Stationstüren und Indikatoren 30 cm vor der Schaltanlage angeordnet und
- Prüfung mit Zugänglichkeitsgrad B bei geschlossenen Stationstüren für die komplette Station und Indikatoren im Abstand von 10 cm an den Stellen angeordnet, an denen mit dem Austritt heisser Gase zu rechnen ist.

Die gesamte fabrikfertige Station gilt dann als nach Zugänglichkeitsgrad B geprüft, wenn der Hersteller aufzeigen kann, dass es bei geschlossenen Stationstüren zu keiner Druckzunahme innerhalb der fabrikfertigen Station kommen kann.

Zusammenfassung

Die vorgenannten Vorschriften beziehungsweise Regeln der Technik haben eine grösstmögliche Personensicherheit zum Ziel. Das Hauptanliegen ist die Vermeidung innerer Fehler oder ihre Dauer und ihre Auswirkungen zu begrenzen. Trotz dieser Grundforderung an moderne Schaltanlagen ist das Auftreten eines inneren Fehlers mit einem grossen Gefährdungspotenzial für Personen nicht ganz auszuschliessen. Die höchste Personensicherheit kann mit neuen fabrikfertigen, typgeprüften Schaltanlagen nach IEC 60298 und Station nach IEC 61330 erreicht werden, sofern diese erfolgreich auf das Verhalten im Falle innerer Fehler (Störlichtbogen) und bestandenen Kriterien 1–6 geprüft wurden.

Ältere Schaltanlagen mit unverriegelten Trennschaltern sind bei dem Bedienen eine potenzielle Gefahrenquelle für das Bedienungspersonal. In dem neuen Harmonisierungsdokument HD 637 S1, Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV, sind eine Vielfalt von Empfehlungen zur Erhöhung der Personensicherheit aufgeführt. Eine europaweite Nachrüstpflicht für ältere Schaltanlagen besteht nicht. Die nationalen Gesetzesorgane für die Unfallverhütungsvorschriften können aber im Rahmen der Verantwortung für die Arbeitnehmer nationale Unfallverhütungsvorschriften für die Nachrüstung von Altanlagen erlassen (siehe Beispiel Deutschland).

Die Verantwortung und die Sorgfaltspflicht für seine Arbeitnehmer hat ausschliesslich der Betreiber der Anlage. Die Eigenverantwortung der Betreiber gewinnt gerade durch die neuen europaweiten Harmonisierungsdokumente an Bedeutung, weil die dort aufgeführten Massnahmen nur sehr oft als Empfehlungen aufgeführt sind. Die tatsächlichen Massnahmen für den optimalen Schutz der Arbeitnehmer muss der Betreiber im Rahmen seiner Eigenverantwortung selber festlegen. Rechtsunsicherheit herrscht zurzeit in denjenigen Fällen, in denen der Betreiber Mindestmassnahmen für den Personenschutz auch auf nationaler Ebene festgelegt hat. Bei eventuellen Unfällen ist davon auszugehen, dass die Frage nach den möglichen weiterführenden Massnahmen im Rahmen der Empfehlungen aus den Harmonisierungsdokumenten gestellt wird, die eventuell diesen Unfall verhindert hätten.

Den Betreibern von Hochspannungsschaltanlagen wird empfohlen, den eigenen Standpunkt bezüglich des Personenschutzes zu überdenken und notfalls geeignete Massnahmen zu ergreifen. Der Sicherheitsstandard für den Schutz von Personen kann in einem Unternehmen nicht hoch genug angesiedelt werden und sollte ständig verbessert bzw. angehoben werden.

Literaturhinweis

Bundesgesetz betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen *SR 734.0.*

Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung) *SR 734. 2.*

Bundesgesetz über die Unfallversicherung UVG *SR 832.20.*

Starkstromanlagen mit Nennwechselspannung über 1 kV *HD 637 S1.*

Metallgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagenanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschliesslich 52 kV *EN 60298.*

Fabrikfertige Stationen für Hochspannung / Niederspannung *EN 61330.*

Sécurité des personnes travaillant dans des installations de couplage à haute tension

Les exploitants et constructeurs d'installations à haute tension sont tenus d'observer les dispositions et prescriptions légales en vigueur. Pour la construction et l'exploitation d'installations d'une tension supérieure à 1 kV, de nouvelles règles internationales et européennes sont entrées en vigueur au cours des dernières années. Elles posent des exigences plus élevées que par le passé à la sécurité du personnel appelé à travailler dans des installations de couplage à haute tension ainsi qu'à la protection des passants. L'article présente les prescriptions et dispositions actuelles relatives à la sécurité du personnel travaillant dans ces installations.