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: 77 (1986)

Heft: 13

Artikel: Prüfung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel : Zusammenarbeit zwischen der Materialprüfanstalt des SEV und der EMPA

Autor: Filip, A. / Rüdiger, V. G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904221

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: 09.12.2025

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

Prüfung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel

Zusammenarbeit zwischen der Materialprüfanstalt des SEV und der EMPA

A. Filip und V. G. Rüdiger

Nach einer kurzen Einführung in die Grundprinzipien des Ex-Schutzes werden die Prüfungen von Betriebsmitteln in der Zündschutzart «d» und von elektrostatischen Farbspritzpistolen beschrieben. Das Schwergewicht liegt dabei auf den Zündprüfungen an der EMPA. Es wird gezeigt, dass es dank der Zusammenarbeit der beiden Prüfanstalten SEV und EMPA möglich ist, die genannten Betriebsmittel vollständig in der Schweiz prüfen zu lassen.

Après une brève introduction aux principes de la protection contre les déflagrations, les essais du matériel électrique à mode de protection «d» et des pistolets électrostatiques de peinture sont décrits. Il s'agit principalement des essais d'inflammation exécutés au Laboratoire Fédéral d'Essai des Matériaux. On montre que, grâçe à la coopération entre l'ASE et le LFEM, il est possible d'essayer entièrement en Suisse le matériel électrique antidéflagrant.

Adressen der Autoren
Dr. *Alexander Filip*, EMPA Abt. Sicherheitstechnik, 8600 Dübendorf und
Dr. *Volker G. Rüdiger*, Lindenstrasse 95, 5303 Würenlingen. Vormals Leiter des Labors für Explosionsschutz des SEV.

1. Einleitung

1.1 Explosionsgefährdete Bereiche, Prüfpflicht

Es sind heute längst nicht mehr bloss die «klassischen» Bereiche wie der Bergbau, die chemische Industrie, Tanklager, Raffinerien oder auch Sprengstoff- und Munitionsfabriken, wo Explosionsgefahr vorhanden und entsprechend höchste Vorsicht geboten ist. Beschichtungs- und Imprägnieranlagen von Holz, Textilien, Papier usw., Farbspritzeinrichtungen, Getreidemühlen und sogar Operationssäle in Spitälern sind weitere Beispiele aus dem breiten Spektrum explosionsgefährdeter Anlagen und Bereiche. An all diesen Orten können wegen der verwendeten Lösungsmittel, der verarbeiteten Materialien oder der bei chemischen Prozessen freiwerdenden Gase ständig oder zeitweise explosionsfähige Gas-Luft- oder Staub-Luft-Gemische auftreten. Die Zündung solcher Gemische hat oft verheerende Folgen für Mensch und Umwelt. Darum haben in praktisch allen Industrieländern der Erde die für die Sicherheit verantwortlichen Behörden, in Zusammenarbeit mit den Berufsorganisationen, bereits vor vielen Jahren spezielle Material- und Konstruktionsvorschriften für explosionsgeschützte Anlagen und Betriebsmittel erlassen. In der Schweiz veröffentlichte z.B. der Schweizerische Elektrotechnische Verein (SEV) die ersten «Vorschriften für explosionssichere elektrische Installationsmaterialien und Apparate» im Jahre 1959 [1].

Eine wichtige Gruppe, mit eigener gesetzlicher Basis [2] und eigenem Normenwerk bilden elektrische Betriebsmittel für den Einsatz in explosionsfähiger Atmosphäre [3]. Diese müssen, so wird international gefordert, von einer anerkannten Prüfstelle einer Typenprüfung unterzogen werden. Ferner wird verlangt, dass die Normenkonformität in einem Zertifikat bescheinigt wird, welches das elektrische Betriebsmittel eindeutig beschreibt und die Randbedingungen für einen sicheren Betrieb festlegt. Diese obligatorischen Prüfungen führt in der Schweiz die Materialprüfanstalt des SEV durch. Zugrunde gelegt werden dabei zum Teil nationale Vorschriften [z.B. 4, 5], überwiegend jedoch die Normen des Europäischen Komitees für Elektrotechnische Normung CENELEC [z.B. 6...12].

1.2 Zündschutzart «d»

Die Normen für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel sind, von wenigen Ausnahmen abgesehen, keine Apparatevorschriften, wie man sie z.B. für Haushaltgeräte kennt. Man spricht vielmehr von «Zündschutzarten» [6] und meint damit eine Reihe von elektrischen und mechanischen Konstruktions- und Schutzmassnahmen, die verhindern, dass ein Betriebsmittel sowohl im Normalbetrieb als auch im Falle einer Störung eine es umgebende explosionsfähige Atmosphäre zu zünden vermag. Die zu treffenden Massnahmen hängen offensichtlich von den am Betriebsmittel möglicherweise auftretenden Zündquellen ab, wie z.B. Funken, Lichtbögen, elektrostatische Entladungen oder heisse Oberflächen.

Von besonderer Bedeutung ist die Zündschutzart «d» = «druckfeste Kapselung» [10]. Sie ist die klassische Art des Explosionsschutzes überhaupt und hat sich seit über einem ¾ Jahrhundert im Bergbau und über Tag bewährt [13]. Das Prinzip beruht auf dem Phänomen, dass die sich bei einer Explosion ausbreitende Flammenfront einen sehr schmalen, langen Spalt nicht zu durchdringen vermag. Es ist folglich möglich, Betriebsmittel, die

Funken erzeugen (z.B. Kollektormotoren, Schütze oder Starkstromschalter), in einer explosionsgefährdeten Umgebung einzusetzen, wenn sie in einem entsprechend konstruierten Gehäuse untergebracht sind. Es liegt auf der Hand, dass dieses sehr stabil sein muss, damit es einer im Innern ausgelösten Explosion standhält.

1.3 Elektrostatische Farbspritzeinrichtungen

Völlig anders ist die Problematik bei elektrostatischen Farbspritzeinrichtungen. Diese Betriebsmittel erzeugen selber eine explosionsfähige Atmosphäre, wenn die Lösungsmittel der versprühten Farbe verdunsten. Dabei liegt an den Elektroden der Düse eine Spannung von bis zu 100 kV, um die Farbnebeltropfen elektrisch aufzuladen. Zündquelle und explosionsfähige Atmosphäre sind also bei solchen Einrichtungen bereits im normalen Betrieb ständig dicht beieinander vorhanden. Um eine Zündung zu verhindern, muss die elektrische Energie begrenzt werden, d.h. das Energieniveau ist so zu bemessen, dass unter keinen Umständen ein zündfähiger Funke entstehen kann.

1.4 Zündprüfungen: Zusammenarbeit SEV–EMPA

Die Normen für die Zündschutzart «d» und diejenigen für die Prüfung elektrostatischer Farbspritzanlagen schreiben u.a. eine praktische Überprüfung der Sicherheit gegen einen Zünddurchschlag vor. Jedoch können solche Prüfungen in der Materialprüfanstalt des SEV nicht durchgeführt werden. Die Gebäude des SEV liegen inmitten einer dichtbesiedelten Wohnzone, und die Lärmbelästigung sowie die Gefahren, die sich aus solchen Zündversuchen ergeben, lassen dies nicht zu. Jahrzehntelang waren die Schweizer Hersteller solcher Betriebsmittel deshalb gezwungen, diese Prüfungen bei ausländischen Prüfstellen, z.B. in Deutschland bei der PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt) in Braunschweig durchführen zu lassen. Dies verursachte oft grosse Unannehmlichkeiten in administrativer, finanzieller und, als wesentlicher Faktor, auch terminlicher Hinsicht. Die Materialprüfanstalt und das Starkstrominspektorat suchten deshalb nach Möglichkeiten für diese Prüfungen in der Schweiz.

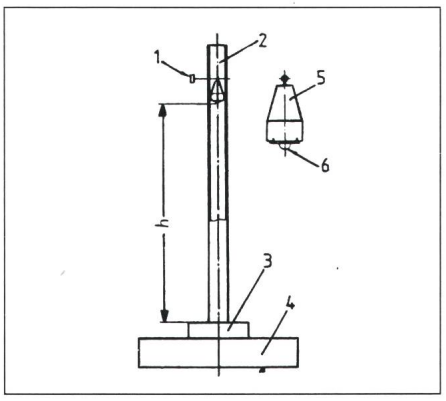

Fig. 1 Vorrichtung für die mechanische Stossprüfung

1 Haltebolzen
2 Führungsrohr
3 Prüfmuster
4 Sockel aus Stahl
5 Masse von 1 kg aus Stahl
6 Schlagstück aus Stahl 25 mm ∅
h Fallhöhe

Sehr gute Voraussetzungen bietet die Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt (EMPA). Sie besitzt in Dübendorf eine Aussenstation, in welcher kleinere Brand-, Spreng- und Explosionsversuche. Die EMPA erklärte sich bereit, die Zündprüfungen und die damit verbundenen Kontrollen und Messungen im Auftrag der Materialprüfanstalt des SEV durchzuführen.

2. Betriebsmittel in der Zündschutzart «d»

2.1 Die Prüfungen in der Materialprüfanstalt des SEV

Alle explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmittel müssen den Bestimmungen der Norm SEV-EN 50 014.1978 [6] sowie deren Nachträgen 1...4 entsprechen. Diese enthält alle Anforderungen, welche mehr als eine Zündschutzart betreffen, z.B. die geforderten Werkstoffeigenschaften in mechanischer, thermischer und chemischer Hinsicht sowie Vorschriften über Verriegelungen, Erdung, Kabeleinführungen (Ziffer 22.4). Besonders erwähnt seien die Anforderungen an die Festigkeit von Gehäusen in bezug auf mechanische Stösse (Stossprüfung mit 7 J Schlagenergie bei +40 °C und −20 °C Umgebungstemperatur, Figur 1) der Oberflächenwiderstand (<1 GΩ) und die Dimensionen für Schrauben, Senklöcher und Schutzkragen.

Die Änderung 3 zu EN 50 014 [14] befasst sich speziell mit Kunststoffen. Aus der Erfahrung ist bekannt, dass sich gewisse Kunststoffe mit der Zeit verändern. Sie werden spröde, schlierig oder schrumpfen, je nach Zusammensetzung. Dass Materialien mit einem derartigen Langzeitverhalten für die Konstruktion explosionsgeschützter Betriebsmittel nicht zulässig sind, ist offensichtlich. Die Prüfvorschriften für Kunststoffe, dazu gehören auch Vergussmassen, Klebemittel und Dichtungen, sind aus diesen Gründen sehr streng. Es müssen u.a. die Lichtbeständigkeit nach ISO 4892 und die Resistenz gegenüber Fetten und Ölen nachgewiesen und eine vierwöchige Wärmelagerung bei mindestens 80 °C und 90% Luftfeuchtigkeit durchgeführt werden.

Im Ex-Labor der Materialprüfanstalt des SEV werden zunächst die Konstruktion und die Materialien der Prüfmuster nach obigen, allgemeinen Bestimmungen geprüft, ehe die für die Zündschutzart «d» spezifische Norm EN 50 018 [10] und deren Änderungen 1 und 2 herangezogen werden. Diese Vorschrift enthält fast ausschliesslich Masszahlen und Materialanforderungen, denn wie bereits erwähnt, hängt die Zündschutzart «druckfeste Kapselung» fast ausschliesslich von der Konstruktion des Gehäuses ab. Es werden deshalb die geometrischen Abmessungen der Prüflinge am Muster und anhand der Fabrikationszeichnungen sorgfältig kontrolliert. Materialfestigkeiten, -paarungen, Wanddicken, Bohrungen und Dichtungen müssen berücksichtigt und im Zusammenhang mit der Durchschlagsicherheit und der Festigkeit beurteilt werden (Fig. 2). Besonders kritisch sind Durchführungen von Betätigungsachsen und rotierenden Wellen. Die Spalte können hier nicht beliebig eng toleriert werden, denn die Wellen müssen beweglich bleiben. Bei rotierenden Maschinen kommt noch das wegen

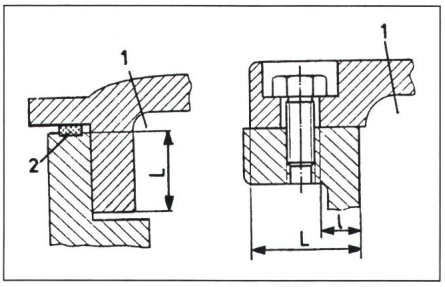

Fig. 2 Beispiele von Gehäusespalten

1 Innenraum
2 Dichtung
L Spaltlänge
l minimale Distanz

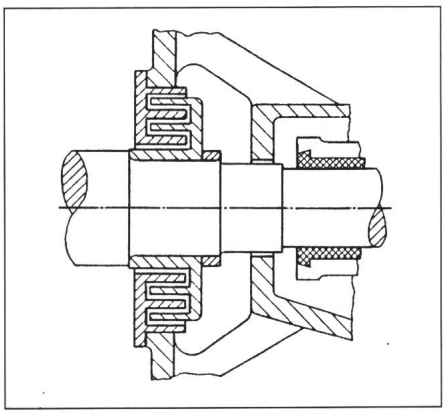

Fig. 3 Labyrinthspalt für rotierende Wellen

der thermischen Ausdehnung nötige Spiel hinzu (Fig. 3).

Die bisherigen Ausführungen lassen einen fast vergessen, dass man es mit elektrischen Betriebsmitteln zu tun hat. Tatsächlich sind in bezug auf die Zündschutzart «d» die elektrischen Daten und der Aufbau im Innern des Betriebsmittels nur insofern von Bedeutung, als sie sich auf die Oberflächentemperatur des Gehäuses, der Wellen und der Achsen auswirken. Diese heissen Oberflächen sind nach den bisherigen Überlegungen die einzig noch verbleibenden, möglichen Zündquellen für die das Betriebsmittel umgebende explosionsfähige Atmosphäre. Dieses durchläuft folglich neben den mechanischen Prüfungen auch mindestens eine elektrische, um die maximalen Oberflächentemperaturen zu ermitteln, die im Normalbetrieb und im Falle einer Störung auftreten können.

Es ist einleuchtend, dass die Gesamtkonstruktion des Betriebsmittels bzw. die der Einbauten und deren Verdrahtung auch in Hinblick auf die allgemeine Sicherheit dem «Stand der Technik» entsprechen muss. Dies gilt als gegeben, wenn das Betriebsmittel die allgemeinen Sicherheitsvorschriften für Nicht-Ex-Geräte erfüllt [15]. Auch diese Prüfungen werden in der Materialprüfanstalt des SEV durchgeführt.

2.2 Prüfungen bei der EMPA

Zündprüfung

Die Zündprüfung simuliert unter erschwerten Betriebsbedingungen das Verhalten eines Betriebsmittels im Falle einer Zündung der sich im Innern befindenden explosionsfähigen Atmosphäre. Sie erfolgt nach der Europäischen Norm EN 50 018 und besteht aus der Bestimmung des Explosionsdruckes (des sog. Bezugsdruckes), der Überdruckprüfung und der Prüfung auf Zünddurchschlagsicherheit.

Zwecks *Bestimmung des Bezugsdruckes* muss der Prüfling je nach seiner Geometrie mit einer oder mehreren Zündquellen an verschiedenen Stellen ausgestattet werden. Dies gilt auch für die Anordnung und Anzahl der Druckaufnehmer, mit denen der Druckverlauf während einer Explosion im druckfesten Raum gemessen wird. Von grosser Wichtigkeit ist die Wahl der Messstellen vor allem dann, wenn eine sog. Drucküberhöhung als Folge einer Unterteilung des druckfesten Raumes auftritt. Die dazu notwendigen mechanischen Bearbeitungen der Prüflinge (z.B. Erweiterung von vorhandenen Spaltweiten und/oder Verkürzung von Spaltlängen bis zum zulässigen Grenzwert) setzen eine Zusammenarbeit mit einer gut ausgerüsteten mechanischen Werkstatt voraus. Der zeitliche Druckverlauf im druckfesten Raum während der Explosion eines Prüfgemisches wird mit Hilfe eines hitzebeständigen Quarzkristall-Druckaufnehmers aufgenommen. Die Registrierung der Druck-Zeit-Abhängigkeit $p = f(t)$ erfolgt mittels eines Transient-Recorders in Verbindung mit einem Oszilloskop. Mit Hilfe eines Integrier-Differenzier-Gerätes ist es möglich, auch die Druckanstiegsgeschwindigkeit zu ermitteln.

Ein druckfestes Gehäuse muss sowohl die Ausbreitung einer Explosion vom Innenraum an die Umgebung verhindern als auch eine genügende mechanische Festigkeit aufweisen, um dem Explosionsdruck standzuhalten. Dies wird mittels einer *Überdruckprüfung* nachkontrolliert. Der hierfür zu wählende Prüfdruck richtet sich nach dem Rauminhalt des Prüflings und dem zuvor bestimmten Bezugsdruck. Die Überdruckprüfung kann nach dem stationären oder dem dynamischen Verfahren erfolgen. Das stationäre Verfahren ist in der Regel schneller und einfacher realisierbar. An der EMPA wird diese Prüfung mit Hilfe einer pneumatisch-hydraulischen Pumpe durchgeführt. Soll der Prüfling trocken bleiben, ist auch eine Überdruckprüfung mittels Pressluft oder Stickstoff möglich. In einem solchen Fall wird der Prüfling in einer Betonnische (als Splitterschutz) installiert und von einem Nebenraum aus mit Überdruck belastet.

Die *Prüfung auf Zünddurchschlagsicherheit* stellt das «Kernstück» der Zündprüfung dar. Das zu prüfende Betriebsmittel wird je nach seiner Grösse entweder in einer Prüfkammer oder in einem gasdichten Plastiksack geprüft. Die zylindrische, elektrisch heizbare Prüfkammer mit einem Volumen von 35 l wurde ursprünglich für allgemeine sicherheitstechnische Untersuchungen konstruiert (Bestimmung von Zündgrenzen brennbarer Gasgemische, Ermittlung der Zündenergie einer Funkenentladung usw.). Sie eignet sich jedoch auch hervorragend für die Prüfung auf Zünddurchschlagsicherheit von kleinen elektrischen Betriebsmitteln. Ihr Mantel weist eine Reihe von Durchführungen auf, die es erlauben, elektrische Leiter gasdicht und elektrisch isoliert zu dem zu prüfenden Betriebsmittel zu führen. Ferner befinden sich an der Prüfkammer einige Armaturen, durch welche Schläuche oder Leitungen mit Prüfgemisch eingeführt werden können. Ein Zünddurchschlag wird anhand eines Druck- oder Temperaturanstieges in der Prüfkammer erkannt.

Die Prüfung auf Zünddurchschlagsicherheit von mittelgrossen oder grossen Betriebsmitteln erfolgt sinngemäss in einem geschweissten Sack aus Polyäthylen. Diese Anordnung erlaubt, Gegenstände von beliebiger Grösse bzw. mit ausgefallenen Dimensionen zu prüfen. Es wird dabei auch eine Menge Prüfgemisch gespart, die für die Spülung einer grossen Prüfkammer notwendig wäre. Um die Umgebung und das Bedienungspersonal im Fall einer Explosion nicht zu gefährden, werden solche Prüfungen in der erwähnten Betonnische durchgeführt. Ihr Ablauf kann durch Panzerfenster beobachtet und mit einer Videoanlage aufgenommen und dokumentiert werden.

Aufbereitung von gasförmigen Prüfgemischen

Für die bei der Bestimmung des Bezugsdruckes nötige Durchspülung des Prüflings mit dem Prüfgemisch wird in der Regel eine verhältnismässig kleine Menge Gas gebraucht. Für diese Fälle hat es sich als zweckmässig erwiesen, das Prüfgemisch in einem Vorratsgefäss unter Druck von etwa 60 bar herzustellen. Seine Zusammensetzung wird gaschromatografisch oder interferometrisch kontrolliert.

Grosse Mengen eines explosionsfähigen Gasgemisches werden in einer

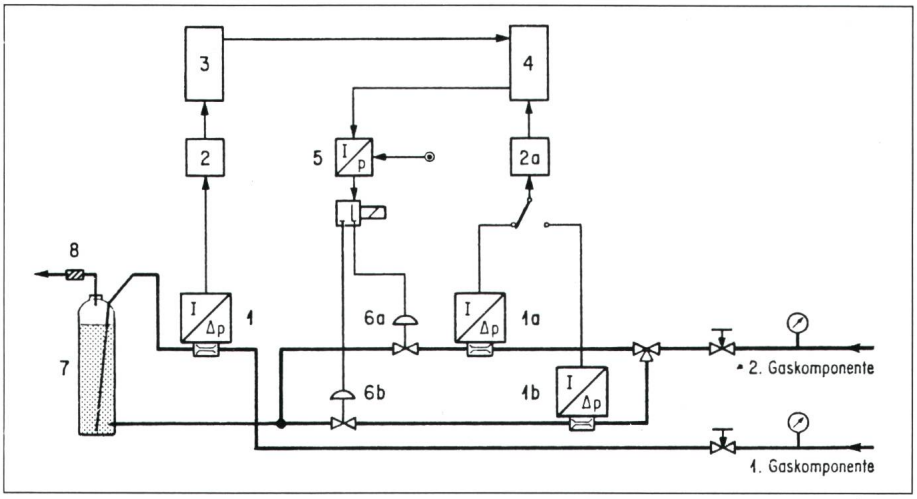

Fig. 4 Gasmischanlage

1, 1a, 1b	Differenzdruckaufnehmer	5	Regelventilsteuerung
2, 2a	Linearisierungseinheiten	6a, 6b	Regelventile
3	Mischverhältnissteuerung	7	Mischgefäss
4	Durchflussregler	8	Flammenrückschlagsicherung

kontinuierlich arbeitenden *Gasmischanlage* (Fig. 4) hergestellt. Die durchfliessende Luft (1. Gaskomponente) erzeugt im Differenzdruckaufnehmer ein Signal, das quadratisch proportional dem Durchfluss ist. Linearisiert wird das Signal der Mischverhältniseinheit als Istwert zugeführt und mit einem Faktor multipliziert. Mit diesem wird das Verhältnis zwischen den beiden Gaskomponenten, d.h. die Zusammensetzung des Gasgemisches eingestellt. Das Signal dient dann dem Durchflussregler als Sollwert. Beim Durchfluss der zweiten Gaskomponente entsteht in einem zweiten Differenzdruckaufnehmer (1a bzw. 1b, je nach der gewählten Durchflussmenge) ein Signal, das der Durchflussregler als Istwert bearbeitet. Das aus dem Vergleich von Ist- und Sollwert resultierende Signal wird zum Regeln des Durchflusses der zweiten Gaskomponente mittels des Regelventils benützt, nachdem es in der Regelventilsteuerung in ein pneumatisches Signal umgewandelt worden ist. Im Mischgefäss werden kleine Unregelmässigkeiten des Durchflusses ausgeglichen und das Gasgemisch homogenisiert. Die Durchflussmenge lässt sich im Bereich von etwa 10 bis 80 l/min regulieren. Die untere Grenze der auf diese Weise einstellbaren Konzentration beträgt etwa 1% V/V brennbarer Gaskomponente. Messungen haben gezeigt, dass die Zusammensetzung eines bestimmten Gasgemisches zeitlich praktisch unverändert bleibt. Die festgestellten Schwankungen betrugen weniger als 0,1% V/V der brennbaren Komponente.

3. Die Prüfung elektrostatischer Farbsprüheinrichtungen

3.1 Die Prüfungen in der Materialprüfanstalt des SEV

Elektrostatische Farbspritzanlagen stellen einen Spezialfall in der grossen Menge der Ex-geschützten Betriebsmittel dar. Dies war auch der Grund, weshalb die Fachgremien des CENELEC übereingekommen sind, abweichend vom Prinzip der «Zündschutzarten», für Farbspritzanlagen spezielle «Apparatevorschriften» auszuarbeiten [16...18]. Diese basieren jedoch auch auf der Norm EN 50 014 [6].

In der Schweiz gibt es noch keine spezielle Norm für elektrostatische Farbspritzanlagen. Im Hinblick auf die Arbeiten des CENELEC (EN 50 050 [16] ist bereits im Druck und wird demnächst in Kraft gesetzt) hat man keine eigene Vorschrift geschaffen. Die Prüfungen werden, soweit anwendbar, nach den Normen SEV-EN 50 014 bis SEV-EN 50 020 durchgeführt. Leitend stehen dabei die CENELEC-Entwürfe EN 50 050 und prEN 50 053 [17] sowie die Norm VDE 0745.1977, Teil 2 [19] zur Seite.

In der Materialprüfanstalt des SEV werden alle mechanischen und elektrischen Prüfungen durchgeführt, die nicht unmittelbar mit der Zündprüfung zusammenhängen. Dazu gehören die bereits im zweiten Abschnitt erwähnte Überprüfung der mechanischen, chemischen und elektrischen Eigenschaften der verwendeten Werkstoffe. Je zwei Farbspritzpistolen werden u.a. einer mechanischen Stossprüfung mit 7 J Schlagenergie, einer Fallprüfung (4mal aus 1,25 m Höhe auf Betonboden) und einer Kabelzugprüfung (150 N während 50 s) unterzogen (EN 50 050 Zi. 5.4–5.6), denn Farbspritzpistolen werden in der Praxis oft sehr rauh behandelt. Ein weiterer Schwerpunkt bei den Prüfungen ist die Kontrolle der wirksamen Begrenzung der an die Sprühpistole gelieferten Energie bei Ausfall eines Bauelementes oder einer Baugruppe.

Oft steht die gesamte Farbspitzanlage, d.h. das Netzteil zur Hochspannungserzeugung, die Pumpe, Schalter, Leuchten usw. im explosionsgefährdeten Bereich [2]. In diesem Falle müssen selbstverständlich auch diese Bestandteile jeweils in einer genormten Zündschutzart konstruiert sein. Dies erfordert für jeden Bestandteil eine separate Prüfung. Abgeschlossen werden alle Prüfungen mit der Ermittlung der Nenndaten, z.B. der Hochspannung an der Düse der Farbspritzpistole (Fig. 5) und der Kontrolle der Übereinstimmung der Konstruktion mit den allgemeinen sicherheitstechnischen Vorschriften.

3.2 Prüfungen bei der EMPA

Prüfverfahren

Das elektrostatische Feld einer eingeschalteten Handsprühpistole kann energiereich genug sein, um ein Lösungsmittel-Luftgemisch, das sich während des Sprühens um die Pistole herum gebildet hat, zu zünden. Die Wahrscheinlichkeit einer Zündung und die damit verbundene Raumexplosion hängen jedoch noch von weiteren Faktoren ab, insbesondere vom Flammpunkt [19] des verwendeten Lösungsmittels, der Umgebungstempera-

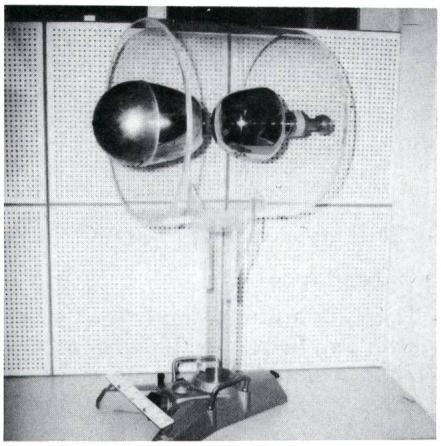

Fig. 5 Elektrostatisches Voltmeter bis 100 kV

tur und der Belüftung des Arbeitsraumes. Um eine solche Explosion zu verhindern, werden elektrostatische Handsprühpistolen u.a. der sogenannten Zündprüfung unterworfen. Diese erfolgt bis zum Inkrafttreten der EN 50 050 [16] nach der VDE-Prüfvorschrift 0745, Teil 2 [19]. Je nach dem Sprühgut schreibt diese drei verschiedene Prüfgase vor:

- 7,0% V/V Wasserstoff in Luft, wenn ein Lösungsmittel mit einem Flammpunkt von weniger als 21 °C verwendet wird sowie für alle Lösungsmittel, die vor dem Versprühen erwärmt werden;
- 2,8% V/V Hexan in Luft für Lösungsmittel mit einem Flammpunkt von 21 °C und mehr (ohne Vorwärmung);
- 12% V/V Methan in Luft bei Handsprühpistolen zum Versprühen brennbarer Pulver [18].

Die drei Prüfgase unterscheiden sich u.a. durch ihre Mindestzündenergie. Wenn diese bei der Zündprüfung überschritten wird – z.B. infolge einer zu hohen Betriebsspannung bzw. eines zu hohen Entladestromes – wird das Prüfgas gezündet.

Das Wasserstoff- und das Methan-Luftgemisch werden in der zuvor beschriebenen Gasmischanlage aufbereitet. Das Hexan-Luftgemisch stellt man her, indem Hexan mittels einer Mikrodosierpumpe in einen vorgewärmten Verdampfer dosiert und mit Luft vermischt wird.

Die Zündprüfung einer Handsprühpistole soll die Betriebsbedingungen so weit wie möglich simulieren. Dies ist jedoch verhältnismässig schwierig, da bei einer solchen Zündprüfung kein Sprühgut versprüht wird. Um eine praxisähnliche Verschmutzung der Handsprühpistole im Bereich der Düse zu erreichen, wird die Düse und ihre Umgebung vor der Zündprüfung mit einer Flüssigkeit benetzt, welche die höchste in den Spezifikationen genannte Leitfähigkeit aufweist. In der Regel verwendet man Diäthylenglykol. Dadurch wird die elektrische Leitfähigkeit des Gasmediums im Bereich der Düse erhöht und eine der Praxis entsprechende Verschärfung der Zündprüfung erreicht.

Prüfanordnung und Ablauf

Die zylindrische Testkammer für die Zündprüfung weist ein Volumen von 25 l auf und ist aus Plexiglas hergestellt. Aus Sicherheitsgründen ist sie auf der dem Prüfer abgewandten Seite lediglich mit einer dünnen Polyestermembrane abgeschlossen, die beim Zünden des Prüfgases birst.

Die zu prüfende Handsprühpistole wird zunächst nach [19] mit einem Kunstharzverdünner gereinigt und dann mit angedrücktem Auslösegriff in die Testkammer eingebaut. Dann wird sie unter Spannung gesetzt und über eine kugelgelenkartige Durchführung mit einer an einem Stab befestigten, geerdeten Kugel von 25 mm Durchmesser abgetastet. Der Prüfstab ist nahe bei der Kugel rechtwinklig gebogen, damit die gesamte Oberfläche der Sprühpistole erreicht werden kann. Es hat sich als zweckmässig erwiesen, dies zuerst ohne Prüfgas in einem verdunkelten Raum zu tun. Dabei treten diejenigen Stellen an der Oberfläche der Pistole in Erscheinung, an denen zündfähige elektrische Entladungen stattfinden können (weissliche Funken, hörbares starkes Zischen). Nachdem die Testkammer mit dem entsprechenden Prüfgas gespült wurde, erfolgt die Prüfung nach VDE 0745.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Bei der Erledigung der bisherigen Aufträge hat sich gezeigt, dass die Zusammenarbeit der beiden Prüfanstalten bei der Prüfung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel sehr gut funktioniert. Die jeweils separat durchgeführten Tests überlappen sich nicht, sondern ergänzen sich zu einer einzigen, vollständigen Prüfung gemäss SEV-EN 50 018 für Betriebsmittel in der Zündschutzart «Druckfeste Kapselung» bzw. der für elektrostatische Farbspritzanlagen anzuwendenden Vorschriften. In beiden Labors stehen den Kunden kompetente Mitarbeiter und hochqualitative Messeinrichtungen zur Verfügung. Und zwar nicht nur für die obligatorischen sicherheitstechnischen Prüfungen, welche schliesslich zum Zertifikat führen, sondern auch für Beratungen und Vorabklärungen.

Die Schweiz ist zwar Mitglied des CENELEC, doch erkennen die Prüfstellen der EG-Staaten und diejenigen der Nicht-EG-Staaten ihre Zertifikate gegenseitig noch nicht an. Die derzeitig einzige Möglichkeit, Kunden mit einem Ex-Zertifikat einer anderen Prüfstelle entgegenzukommen, ist eine freiwillige Mitverwendung der Prüfresultate im Sinne der Niederspannungsrichtlinie für Nicht-Ex-Geräte [20]. Es wird deshalb ein enger Kontakt zu anderen Prüfstellen angestrebt, um ein persönliches Vertrauensverhältnis zwischen den Labors aufzubauen. Dies soll in Zukunft dazu führen, dass, wenn schon nicht die Zertifikate, doch zumindest die Messresultate weitgehend anerkannt werden. Viele der teuren und aufwendigen Tests müssen dann nicht doppelt durchgeführt werden.

Literatur

[1] Vorschriften für explosionssichere elektrische Installationsmaterialien und Apparate. Publikation des SEV 1015.1959 (ersetzt durch SEV-EN 50 014...50 020).

[2] Reglement für die Prüfung der elektrischen Installationsmaterialien und Apparate sowie für die Erteilung des Sicherheitszeichens (Sicherheitszeichen-Reglement). 3. Auflage. Publikation des SEV 1001.1982.

[3] Regeln für die Beurteilung der Explosionsgefahr in Anlagen mit explosionsgefährdeten Bereichen. Zoneneinteilung. Publikation des SEV 3307.1984.

[4] Provisorische Sicherheitsvorschriften für elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche. Sonderschutzart «s». SEV – TP 31/2A-d, 1978.

[5] Provisorische Sicherheitsvorschriften für explosionssicheres Material. Benzin-Tanksäulen. 2. Ausgabe. SEV – TP 31/1C-d, 1976.

[6] Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche. Allgemeine Bestimmungen. SEV-EN 50 014.1978.

[7] Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche. Ölkapselung «o». SEV-EN 50 015.1978.

[8] Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche. Überdruckkapselung «p». SEV-EN 50 016.1978.

[9] Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche. Sandkapselung «q». SEV-EN 50 017.1978.

[10] Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche. Druckfeste Kapselung «d». SEV-EN 50 018.1978.

[11] Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche. Erhöhte Sicherheit «e». SEV-EN 50 019.1978.

[12] Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche. Eigensicherheit «i». SEV-EN 50 020.1978.

[13] *H. Olenik, H. Rentzsch* und *W. Wettstein:* BBC Handbuch für Explosionsschutz. 2. Auflage. Mannheim, Brown Boveri & Cie AG/Essen, Verlag W. Girardet, 1984.

[14] Sicherheitsvorschriften des SEV. Änderung 3. Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche. Allgemeine Bestimmungen. Publikation des SEV 1068/3.1984.

[15] Die allgemeine Sicherheit von elektrischen Betriebsmitteln für explosionsgefährdete Bereiche. Bull. SEV/VSE 76(1985)9, S. 540.

[16] Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche. Elektrostatische Handsprüheinrichtungen. EN 50 050.

[17] Elektrostatische Handsprüheinrichtungen mit einer Energiegrenze von 0,24 mJ sowie Zubehör. prEN 50 053 Teil 1.

[18] Elektrostatische Handsprüheinrichtungen für Pulver mit einer Energiegrenze von 5 mJ sowie Zubehör. prEN 50 053 Teil 2.

[19] Elektrostatische Handsprüheinrichtungen. VDE 0745/Teil 2/1977 (ersetzt durch Ausgabe Dezember 1983).

[20] *K. Nabert* und *G. Schön:* Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe. Zusammengestellt aus Schrifttum und eigenen Messungen. 2. Auflage inkl. 5. Nachtrag. Braunschweig, Deutscher Eichverlag, 1970/1980.

[21] CENELEC-Zertifizierungsabkommen (CCA) vom 11. September 1973, geändert am 29. März 1983 und ergänzt mit dem Nachtrag vom Juli 1984. 2. Auflage. CENELEC Memorandum Nr. 13. Brüssel, CENELEC, 1984.