Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 48 (1957)

Heft: 16

Artikel: Einführung in die Vorschriften für explosionssichere elektrische Installationsmaterialien und Apparate (Vorschriften für Ex-Material)

Autor: Bitterli, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060618

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: 14.01.2026

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

48. Jahrgang Nr. 16 Samstag, 3. August 1957

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

GEMEINSAMES PUBLIKATIONSORGAN
DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS (SEV) UND
DES VERBANDES SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITÄTSWERKE (VSE)

Einführung in die Vorschriften für explosionssichere elektrische Installationsmaterialien und Apparate (Vorschriften für Ex-Material)[1]

Von *E. Bitterli*, Zürich

621.31-213.44 : 614.838

1. Allgemeines

Bei der Herstellung, Verarbeitung, Verwendung und Lagerung einer grossen Zahl von Stoffen besteht Explosionsgefahr; denn zu Explosionen können grundsätzlich alle brennbaren Stoffe Anlass geben, wenn sie in Luft als Sauerstoffträger genügend fein verteilt vorhanden sind. Das trifft vor allem zu auf brennbare Gase, auf Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten und auf brennbare feste Stoffe. Explosionen, an denen nicht in Luft verteilte brennbare Stoffe beteiligt sind, werden im Rahmen dieses Artikels nicht behandelt, da sie hinsichtlich der elektrischen Installationen nicht von Bedeutung sind.

Die Verbrennung von Gasen, Dämpfen und Stäuben ist ein chemischer Vorgang, bei dem sich Sauerstoff, in der Regel der Sauerstoff der Luft, mit diesen Stoffen verbindet, wobei die Verbrennungswärme zu einer sehr starken Ausdehnung der Verbrennungsprodukte und zu Drucksteigerungen führt.

Eine *Explosion* ist die plötzliche Wirkung der Energie sich stark ausdehnender Gase oder Dämpfe. Die Verbrennung pflanzt sich mit grosser Geschwindigkeit, vielfach Überschallgeschwindigkeit fort, und es entstehen Drücke von mehreren kg/cm². Neben der Wärmewirkung sind es denn auch die starken Drucksteigerungen, welche bei einer Explosion sehr häufig zu den sowohl für Menschen als auch für Gebäude, deren Einrichtung und Umgebung verhängnisvollen Auswirkungen führen. Bei einem Druck von 10 kg/cm², der z. B. bei einer Gasexplosion entstehen kann, wirkt auf eine Wandfläche von 1 m² eine Kraft von 100 t, wenn nicht ein Druckausgleich durch schwächere Konstruktionsteile, wie Fenster und Türen, stattfindet.

Eine *Verpuffung* ist ein mit einer Geschwindigkeit von einigen m/s, aber ohne starke Drucksteigerung ablaufender Verbrennungsvorgang, während bei *Detonationen* die Verbrennung mit Geschwindigkeiten von mehreren km/s fortschreiten und Drücke bis zu 60 kg/cm² erzeugen kann.

[1]) Siehe S. 728 dieses Heftes.

2. Explosionsgefahr durch Gase und Dämpfe

Um das Verständnis für die Vorschriften für Ex-Material zu erleichtern, dürfte es zweckmässig sein, diesen allgemeinen Bemerkungen nähere Ausführungen über die Explosion von Gasen und Dämpfen folgen zu lassen, da es einerseits vor allem diese Stoffe sind, die in der Praxis in Verbindung mit der Elektrizität von besonderer Bedeutung sind, und anderseits die vorliegenden Vorschriften für Material gelten, das in Räumen geeignet ist, in welchen explosionsfähige Gas-Luft- oder Dampf-Luftgemische auftreten können.

Zur Klarstellung der Begriffe sei auch gleich erwähnt, dass Stoffe oder deren Gemische mit Luft, die zu Explosionen Anlass geben können, als *explosionsgefährlich*, die Räume oder Raumteile, in denen diese Stoffe oder Gemische vorhanden sind, aber als *explosionsgefährdet* bezeichnet werden. In diesem Zusammenhang scheint es auch am Platze darauf hinzuweisen, dass über das Vorhandensein einer Explosionsgefahr nicht die mit der Überwachung der elektrischen Anlagen betrauten Stellen (Starkstrominspektorat, energielieferndes Elektrizitätswerk) entscheiden, sondern die für den Arbeiterschutz und den Feuerschutz zuständigen Organe (Fabrikinspektorate, SUVA, Feuerpolizei). Die Beurteilung der Explosionsgefahr ist übrigens häufig recht schwierig und kann nur unter Berücksichtigung einer Reihe von Faktoren erfolgen, die unter anderem mit den Eigenschaften der verwendeten Stoffe, der Gestaltung der Räume, der Art der Fabrikationsverfahren oder der Lagerung und der Arbeitsweise zusammenhängen.

a) Explosionsgrenzen

Brennbare Gase und Dämpfe sind, gemischt mit Luft, nur innerhalb eines bestimmten, für jedes Gas und jeden Dampf charakteristischen Konzentrationsbereiches explosionsfähig. Eine Explosion ist nicht möglich, wenn entweder zu viel Sauerstoff oder zu viel Brennstoff vorhanden ist. Man bezeichnet die Grenzwerte des Konzentrationsbereiches als *untere* und *obere Explosionsgrenze*. Unterhalb der unteren Explosionsgrenze ist das Gemisch

ungefährlich, während oberhalb der oberen Explosionsgrenze ebenfalls keine Explosion ausgelöst werden kann, jedoch eine Verpuffung oder ein Brand. Die Explosionsgrenzen werden angegeben in Volumenprozent (Vol.%) oder in g des Gases oder Dampfes pro m³ Luft (g/m³). Die in der Literatur aufgeführten Werte der Explosionsgrenzen weichen oft mehr oder weniger stark voneinander ab, was vor allem auf die Versuchseinrichtungen zurückzuführen ist. In Tabelle I sind die Explosionsgrenzen und gleichzeitig auch die durch Versuche festgestellten Explosionsdrücke einiger häufig vorkommender Gase und Dämpfe angegeben. Aus der Tabelle geht hervor, dass bei einigen Stoffen die Explosionsgrenzen sehr nahe beieinander liegen (Benzin), während andere Stoffe sehr weit auseinanderliegende Explosionsgrenzen aufweisen (Acetylen). Die gefährlichsten Gase und Dämpfe sind diejenigen mit niederer unterer Explosionsgrenze und diejenigen mit weit auseinanderliegenden Explosionsgrenzen.

Explosionsgrenzen, Explosionsdruck

Tabelle I

	Explosionsgrenzen[1])				Höchster Explosionsdruck[2])
	untere		obere		
	Vol. %	g/m³	Vol. %	g/m³	kg/cm²
Benzine	0,9 bis 1,25	48 bis 52	4,0 bis 7,5	215 bis 281	≈ 8,6
Benzol	1,4	49	8,0	280	9,0
Aethylalkohol	2,8	57	18,0	370	7,45
Aceton	2,15	56	13	337	8,93
Methylaethylketon	1,8	58	10	322	8,5
Diaethylaether	1,8	59	48	1585	7,94
Butylacetat	1,7	88	15	788	7,66
Amylacetat	1,1	64	10	580	7,45
Schwefelkohlenstoff	1,0	34	50	1700	7,8
Wasserstoff	4,0	3,6	74	66,6	7,39
Acetylen	2,5	29,2	80	930	> 10,3
Kohlenoxyd	12,5	157	74	926	7,3
Ammoniak	16	123	26	198	4,85...5,97

[1]) Nach: Eigenschaften der gebräuchlichsten Lösungsmittel, Betriebsstoffe und Gase. SUVA Form. 1469.

[2]) Nach: Publication n° 79 de la Commission Electrotechnique Internationale.

Gase können, wenn sie in der nötigen Menge vorhanden sind, infolge ihres Diffusionsvermögens jedes Mischungsverhältnis mit Luft bilden. Die Dämpfe von Flüssigkeiten verhalten sich ähnlich, nur ist die Bildung eines explosionsfähigen Gemisches vom Dampfdruck abhängig und damit von der Temperatur, die so hoch sein muss, dass sich oberhalb der Flüssigkeit Dämpfe bilden können. Einen guten Anhaltspunkt für die Gefährlichkeit einer Flüssigkeit ist der Flammpunkt, der die niederste Temperatur angibt, bei der sich in einem genormten Flammpunkt-Bestimmungsapparat über der Flüssigkeit so viel Dämpfe bilden, dass sie durch eine Zündflamme gezündet werden können. Die Temperatur, bei der ein explosionsfähiges Gemisch auftritt, liegt etwas unter dem Flammpunkt. Gefährlich sind also Flüssigkeiten, deren Flammpunkt unter den in einem Raume oder bei einem Arbeitsvorgang auftretenden Temperaturen liegt (Tabelle II).

Flammpunkte[1])

Tabelle II

Stoff	Flammpunkt °C
Benzine	bis − 30
Lackbenzin	+ 30
Benzol	− 11
Aethylalkohol	+ 18
Aceton	− 20
Methylaethylketon	− 14
Diaethylaether	− 41
Butylacetat	+ 24
Amylacetat	+ 23
Schwefelkohlenstoff	− 30

[1]) Nach: SUVA Form. 1469.

b) Zündtemperatur

Eine Explosion kann sich auch bei Vorhandensein eines explosionsfähigen Gemisches nur ereignen, wenn man dem Gemisch so viel Energie zuführt, dass es zur Verbrennung angeregt wird, oder, mit anderen Worten, es muss an irgend einer Stelle eine bestimmte Temperatur, die Zündtemperatur (auch Zündpunkt oder Entzündungstemperatur genannt), erreicht werden. Wenn diese Zündtemperatur in einem explosionsfähigen Gemisch vorhanden ist, tritt eine Explosion ein, und zwar auch dann, wenn keine Flammen oder Funken sich im Bereich des Gemisches befinden. Die Zündtemperatur ist nun allerdings, wie der Flammpunkt, nicht eine eindeutig definierte physikalische Grösse, sondern ein durch Versuche ermittelter Wert, der mehr oder weniger stark von der Versuchseinrichtung, aber auch von Konzentration, Druck und Temperatur des explosionsfähigen Gemisches abhängig ist.

Zur Zeit gibt es zwei Verfahren zur Bestimmung der Zündtemperatur, nämlich die deutsche Methode nach VDE und die amerikanische ASTM-Methode. Bei der VDE-Methode wird das innerhalb der Explosionsgrenzen zündwilligste Gas-Luft- oder Dampf-Luftgemisch durch ein erhitztes Rohr geleitet und die Wandtemperatur festgestellt, bei der die Zündung eintritt. Nach ASTM lässt man einen Tropfen der zu prüfenden Flüssigkeit in ein genormtes Gefäss fallen, das in einem Bad erwärmt wird, und ermittelt auch hier die niederste Wandtemperatur, bei der noch eine Zündung eintritt. Die nach ASTM ermittelten Werte liegen für eine Reihe brennbarer Flüssigkeiten erheblich tiefer als die Werte nach VDE; die Abweichungen betragen bis zu 250 °C.

In den Vorschriften für Ex-Material wird auf die nach der VDE-Methode ermittelte Zündtemperatur abgestellt, da die mit der ASTM-Methode erhaltenen Temperaturen nur dort von Bedeutung sind, wo mit dem Auftropfen von brennbaren Flüssigkeiten auf heisse Stellen zu rechnen ist, an denen zudem keine nennenswerte Konvektionsströmung herrschen dürfte. Immerhin wird darauf hingewiesen, dass bei der Möglichkeit von Tropfenbildung die niederen Werte zu berücksichtigen seien (siehe Ziffer 13,2, 13,3, Tab. III und Erläuterungen zu Tab. III des Vorschriftenentwurfes). In der Zwischenzeit hat nun allerdings die Commission Electrotechnique Internationale (CEI) sich eher für die

ASTM-Methode ausgesprochen, und in Deutschland selbst ist eine modifizierte ASTM-Methode entwickelt worden, so dass unter Umständen auch in der Schweiz, wenn dafür stichhaltige Gründe vorliegen, nach anderen als der VDE-Methode bestimmte Zündtemperaturen berücksichtigt werden müssten.

Zündgruppen und Zündtemperaturen

Tabelle III

Zündgruppe[5])	Zündtemperatur[1])[2]) °C	Stoff[1])
A	über 450	Aceton Aethylalkohol[3]) Ammoniak Amylacetat[3]) Benzine[4]) Benzol Butylacetat[3]) Kohlenoxyd Methylaethylketon Methylalkohol[3]) Wasserstoff
B	über 300...450	Acetylen
C	über 175...300	Diaethylaether
D	über 120...175	Schwefelkohlenstoff

[1]) Weitere Beispiele siehe:

[1] Form. 1469 der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt.

[2] *K. Nabert und G. Schön:* Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe, Deutscher Eichverlag, Berlin W.

[3] M. G. *Zabettakis:* Minimum spontaneous ignition temperatures of combustibles in air, Ind. Engng. Chem. Bd. 46(1954), Nr. 10, S. 2173...2178.

[2]) Bestimmt mit VDE-Methode.

[3]) Bei Bestimmung der Zündtemperatur mit ASTM-Methode: Zündgruppe B.

[4]) Bei Bestimmung der Zündtemperatur mit ASTM-Methode: Zündgruppe C.

[5]) Die mit den Buchstaben A, B, C, D bezeichneten Zündgruppen sind nicht identisch mit den Warenkategorien A, B, C, D der Wegleitung für Feuerpolizeivorschriften der Kantonalen Schweizerischen Feuerversicherungsanstalten.

Besonders im Hinblick auf die Konstruktion explosionssicheren elektrischen Materials werden die Gase und Dämpfe je nach der Höhe der Zündtemperatur in Zündgruppen eingeteilt (Tabelle III). Diese Einteilung hat den Vorteil, dass das explosionssichere elektrische Material nicht der Zündtemperatur jedes einzelnen Gases oder Dampfes, sondern nur der Zündgruppe, für die es verwendet werden soll, angepasst sein muss.

Die meisten Zündtemperaturen nach VDE liegen zwischen 300 und 700 °C und nur wenige liegen unter 300 °C, so Aethyläther bei 180 °C und Schwefelkohlenstoff extrem bei 120 °C. In die Gruppe 300...700 °C fallen vor allem die sehr häufig verwendeten organischen Lösungsmittel und die Treibstoffe.

3. Explosionsschutz

Wie aus Vorstehendem hervorgeht, kann eine Explosion nur dann entstehen, wenn ein Gas-Luft- oder Dampf-Luftgemisch innerhalb der Explosionsgrenzen und eine Zündquelle vorhanden sind. Anders ausgedrückt können Explosionen also verhindert werden, wenn entweder das Auftreten explosionsfähiger Gemische vermieden wird oder die Zündquellen ausgeschaltet werden.

In Räumen, in denen sich ständig Personen aufhalten, ist in der Regel mit einem längere Zeit dauernden Vorhandensein explosionsfähiger Gemische nicht zu rechnen, da die meisten brennbaren Gase und Dämpfe auch gesundheitsschädlich sind, und die Konzentrationen, die bei längerer Einwirkung zu Gesundheitsschädigungen Anlass geben, weit unterhalb der unteren Explosionsgrenze liegen. Der sog. MAK-Wert (maximale Arbeitsplatzkonzentration) gibt diejenige Konzentration der gesundheitsschädlichen Gasen und Dämpfen an, die bei täglich 8stündiger Arbeitszeit nicht überschritten werden darf; einige Vergleichswerte sind in Tabelle IV enthalten. Bei vielen Stoffen wäre das Arbeiten innerhalb der Explosionsgrenzen überhaupt ausgeschlossen, oder der Geruch würde auf die Gefahr aufmerksam machen. Immerhin gibt es auch Gase die geruchlos sind, wie Wasserstoff oder das gefährliche Kohlenmonoxyd, das unter der untern Explosionsgrenze zum Tode führen kann.

Untere Explosionsgrenze und MAK-Wert[1])

Tabelle IV

Stoff	Untere Explosionsgrenze g/m³	MAK-Wert g/m³
Benzol	49	0,11
Benzine	48...52	~ 2
Methylalkohol	79	0,25
Aceton	56	1,14
Diaethylaether	59	1,17
Butylacetat	88	0,92
Kohlenoxyd	157	0,11
Ammoniak	123	0,067
Schwefelkohlenstoff	34	0,06
Wasserstoff	3,6	über 3,6

[1]) Nach: Suva Form. 1469.

Aus Gründen des Gesundheitsschutzes müssen also bereits solche Massnahmen getroffen werden, dass gefährliche Konzentrationen gar nicht erreicht werden. Geeignete Massnahmen sind z. B. gute natürliche oder künstliche Lüftung, Absaugung von Gasen und Dämpfen an der Entstehungsstelle und geschlossene Apparaturen. Trotz solcher Vorkehren muss aber in der Praxis, wie durch unzählige Beispiele belegt werden könnte, immer mit Störungen gerechnet werden, die zur Bildung explosionsfähiger Gemische führen. Solche Störungen sind z. B. Undichtigkeiten von Leitungen, Ventilen, Schaugläsern und Behältern und Brüche von solchen, unbeabsichtigter Verlauf eines Arbeitsprozesses oder einer chemischen Reaktion, Bedienungsfehler, Versagen einer Überwachungseinrichtung. Zu beachten ist dabei, dass nach einem solchen Vorkommnis explosionsfähige Gemische unter Umständen verhältnismässig lange bestehen bleiben, wenn die Gase und Dämpfe schwerer als Luft sind (was z. B. auf alle Lösungsmitteldämpfe zutrifft), in tieferliegende Raumteile oder Kanäle gelangen oder in Bodennähe nach anderen Räumen schleichen können.

Wenn mit der Entstehung explosionsgefährlicher Gemische zu rechnen ist, müssen also auch die

Zündquellen ausgeschaltet werden. Solche sind z. B. offenes Feuer, das Rauchen, Glühfunken von Schleifmaschinen, zu Selbstentzündung neigende Stoffe, elektrische Funken und Lichtbögen, heisse Stellen im Bereich der Zündtemperaturen, wie elektrische Heizkörper, Glühlampen oder Gehäuse elektrischer Apparate.

4. Explosionssichere elektrische Installationsmaterialien und Apparate

Im Gegensatz zum Ausland besitzt die Schweiz keine Vorschriften über explosionssichere elektrische Installationsmaterialien und Apparate, im folgenden Material genannt; auch die bisherigen Hausinstallationsvorschriften enthalten nur wenige Bestimmungen, die vor allem keine Materialvorschriften darstellen.

Da auch in unserem Lande immer mehr das Bedürfnis nach, sich an den Hersteller richtenden Vorschriften geltend machte, wurde vor 6 Jahren das Fachkollegium (FK) 31 (Explosionssicheres Material) des Schweiz. Elektrotechnischen Komitees (CES) zusammengestellt und mit der Bearbeitung von Vorschriften für Ex-Material betraut. Da man in der Schweiz über wenig Erfahrung im Bau solchen Materials verfügt, wurden im Einverständnis mit dem Verein Deutscher Elektrotechniker (VDE), dessen sehr gründliche und auf langer Erfahrung beruhende Vorschriften als Grundlage gewählt, aber auch die Vorschriften anderer Länder, wie England, Frankreich, Belgien und so weit vorhanden die Empfehlungen der Commission Electrotechnique Internationale (CEI) zu Rate gezogen.

Der vom FK 31 ausgearbeitete Entwurf enthält gemäss dessen einstimmigem Beschluss nur sicherheitstechnische Vorschriften. Er ist von der Hausinstallationskommission des SEV und VSE (HK) in sicherheitstechnischer Hinsicht geprüft, vom CES gebilligt und vom Vorstand des SEV zur Stellungnahme der Mitglieder freigegeben worden.

Die Vorschriften gelten für Material, das in Räumen oder Raumteilen, in denen explosionsfähige Gas-Luft- oder Dampf-Luftgemische auftreten können, zur Verwendung geeignet ist. Sie sollen sinngemäss auch auf Material angewendet werden, das zur Verwendung in Schwachstrom-, Kleinspannungs- und Hochspannungsanlagen bestimmt ist, da in diesen Anlagen hinsichtlich der Explosionsgefahr die gleichen Überlegungen anzuwenden sind. Sie enthalten nur Bestimmungen über die Explosionssicherheit und sind daher als zusätzliche Vorschriften zu den die allgemeine Sicherheit des Materials betreffenden Vorschriften des SEV zu betrachten. Das Ex-Material ist nicht vorgesehen für Räume, in denen die Gefahr von Staubexplosionen besteht. Die in einem solchen Fall nötigen Schutzmassnahmen werden in einem besonderen Abschnitt noch kurz besprochen.

Der Vorschriftenentwurf ist in zwei Teile gegliedert. Der erste Teil enthält die eigentlichen, vom Post- und Eisenbahndepartement noch zu genehmigenden Vorschriften. Er legt die Grundsätze fest, denen das Ex-Material entsprechen muss; es wurde bewusst darauf verzichtet, darin Einzelheiten konstruktiver Art aufzuführen. Diese sind nebst anderen Angaben vielmehr im zweiten Teil zu finden, der als «Leitsätze» bezeichnet wird, die daher für den Hersteller nicht verbindlich sind. Diese Unterteilung hat nach Ansicht des FK 31 den Vorteil, dass einerseits dem Konstrukteur möglichst viel Freiheit gelassen wird, anderseits bei Auftreten neuer Erkenntnisse — und das ist bei Ex-Material, wie auch aus den Beratungen des Comité d'Etudes n° 31 der CEI hervorgeht, durchaus möglich — die Grundsätze im ersten Teil kaum eine Änderung erfahren, und es genügt, die Leitsätze abzuändern und auf diese Weise die Hersteller mit allfälligen Neuerungen bekannt zu machen. Wenn auch die Leitsätze nicht verbindlich sind, so ist doch darauf hinzuweisen, dass Konstruktion und Herstellung von Ex-Material eine grosse Erfahrung und Kenntnisse über die bei einer Explosion auftretenden chemischen und physikalischen Vorgänge verlangt, Kenntnisse, die auch bei der Ausarbeitung des vorliegenden Vorschriftenentwurfes gegenüber solchen aus dem Gebiete der Elektrotechnik weit im Vordergrund standen. Wenn sich der Konstrukteur an die Angaben der Leitsätze hält, kann er mit grosser Wahrscheinlichkeit damit rechnen, dass sein Erzeugnis wirklich explosionssicher ist und auch die Prüfung besteht, die in diesem Falle unter Umständen vereinfacht werden kann, weil eine Explosionsprüfung nicht für jedes Material durchgeführt zu werden braucht.

a) Anforderungen an das Ex-Material

Explosionssicheres Material muss folgenden Anforderungen genügen:

1. Teile, an denen zündfähige Funken, Lichtbögen oder gefährliche Temperaturen auftreten, dürfen in Gas-Luft- oder Dampf-Luftgemischen keine Explosion verursachen, oder eine Explosion, die im Innern des Materials auftritt, darf sich nicht nach aussen auswirken.

2. Das Auftreten von zündfähigen Funken, Lichtbögen oder gefährlichen Temperaturen muss auch in voraussehbaren Störungsfällen wirksam verhindert werden.

3. Zündungsmöglichkeiten dürfen auch durch Bedienungsfehler nicht auftreten.

4. Das Material muss den besonderen Beanspruchungen und Erfordernissen des betreffenden explosionsgefährdeten Betriebes, z. B. hinsichtlich der Einwirkung von Feuchtigkeit oder korrosiver Erscheinungen, gewachsen sein.

Bevor diese Anforderungen näher behandelt werden, sei noch darauf hingewiesen, dass allein von rein technischen Massnahmen nicht ein ausreichender Schutz erwartet werden darf. Technische Massnahmen, einschliesslich der besonderen Vorkehren für explosionssicheres Material, können gelegentlich versagen; das Versagen trifft aber vielleicht noch in stärkerem Masse auf den Menschen zu, der die Anlagen und Einrichtungen bedienen, überwachen und instandhalten muss. Es ist nötig, dass für Überwachung und Behebung von Betriebsstörungen sowie für die Anordnung von Reparaturen Personal vorhanden ist, das die tatsächlichen oder auch nur möglichen Gefahren kennt oder zu erkennen vermag. Unbedingt erforderlich ist auch eine gute Instruktion und Überwachung sowohl des in der Produktion tätigen als auch desjenigen Per-

sonals, welches mit Reparaturen, Unterhalt und Montage betraut ist.

Im Vorschriftenentwurf sind verschiedene Massnahmen vorgesehen, welche die Ausführung von Arbeiten an Ex-Material durch unbefugte Personen ausschliessen sollen. So soll z. B. das Öffnen von Gehäusen nicht möglich sein, solange die Einbauteile unter Spannung stehen, oder es werden Sonderverschlüsse verlangt, welche nur von Personen betätigt werden sollen, welche Sonderschlüssel besitzen. In gewissen Fällen können aber auch Verschlüsse, die nur mit Werkzeugen zu öffnen sind, als ausreichend bezeichnet werden.

b) Die Schutzarten

Die Explosionssicherheit des elektrischen Materials kann durch verschiedene Bauarten, Schutzarten genannt, erreicht werden. In den Vorschriften sind die Schutzarten nach Tabelle V vorgesehen.

Schutzarten

Tabelle V

Schutzart	Symbol
Druckfeste Kapselung	d
Ölkapselung	o
Fremdbelüftung	f
Erhöhte Sicherheit	e
Sonderschutzart	s

Die Schutzarten sind gleichwertig und der etwas missverständliche Ausdruck «erhöhte Sicherheit» bedeutet keineswegs einen geringeren Explosionsschutz. Dagegen ist schlagwettersicheres Material, entgegen der oft anzutreffenden Ansicht, den vielseitigen Anforderungen der Explosionssicherheit gegenüber verschiedenen Gasen und Dämpfen nicht gewachsen. Durch die Bauart wird nur die Entzündung in schlagwettergefährdeten Gruben, wo hauptsächlich Methan-Luftgemische vorkommen, verhindert, und das Material ist entsprechend den erhöhten Anforderungen des Grubenbetriebes hinsichtlich mechanischer Beanspruchung, Einfluss von Staub und Feuchtigkeit konstruiert.

In einigen Ländern sind noch andere Schutzarten üblich, so die hermetisch geschlossenen (verschweissten) und die sandgefüllten Gehäuse sowie die Anwendung kleiner, nicht zündfähiger Energien. Diese Schutzarten sind in der Schweiz bisher nicht verwendet und daher in den Vorschriftenentwurf auch nicht aufgenommen worden. Nötigenfalls könnten sie als Sonderschutzart s behandelt werden. Diese, hauptsächlich in England angewendete und dort «Intrinsic Safety» genannte Schutzart, besteht in der Anwendung so schwacher Energiequellen, die auch im Störungsfalle weder zündfähige Funken, noch unzulässige Erwärmung auftreten lassen. Die Bestimmung der kleinsten, noch zündfähigen Funkenenergie ist allerdings ziemlich schwierig und hängt stark von den Versuchsbedingungen ab. Zu dieser Unsicherheit trägt noch bei, dass der Zündvorgang selbst nicht ausreichend abgeklärt ist; es scheint, dass einerseits dem zündfähigen Gemisch wohl eine bestimmte Wärmemenge zugeführt werden muss, dass aber anderseits auch Ionisations- und Dissoziationserscheinungen eine Rolle spielen. Immerhin kann mit Bestimmtheit gesagt werden, dass die zur Zündung nötige Energie sehr klein ist und in der Grössenordnung von einigen wenigen Tausendstel Ws liegt, wobei der Zündstrom einige Zehntel A bis ca. 1 A betragen dürfte. Die Zündfähigkeit hängt stark von der Art des Stromkreises ab, vom Ohmschen Widerstand, vor allem aber von induktiven und kapazitiven Widerständen und schliesslich auch noch von der Grösse und Form der Kontakte, deren Material und deren Trenngeschwindigkeit. Bei der Beurteilung dieser Schutzart kann nicht allein das Material, sondern es muss der ganze Stromkreis geprüft werden.

In diesem Zusammenhange sei noch erwähnt, dass eine zweckmässige Sicherheitsmassnahme in explosionsgefährdeten Räumen darin besteht, das elektrische Material, vor allem Schalter und Sicherungen, ausserhalb der gefährdeten Räume anzuordnen.

Schutzart druckfeste Kapselung d

Die Teile, an denen Funken, Lichtbögen oder gefährliche Temperaturen auftreten, werden in Gehäuse eingebaut, wie in Fig. 1 schematisch dargestellt. Diese Gehäuse müssen:

a) Beim Eindringen explosionsfähiger Gemische und bei deren Zündung dem auftretenden Explosionsdruck standhalten;

b) Die Übertragung der im Innern erfolgten Explosion auf die explosiven Gemische ausserhalb des Gehäuses verhindern;

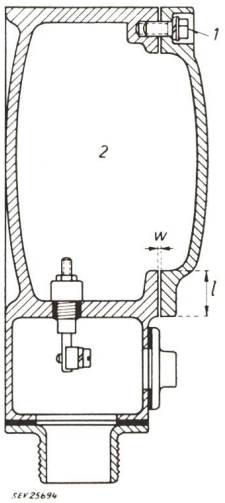

Fig. 1
Schematische Darstellung der druckfesten Kapselung
1 Sonderverschluss; *2* druckfest gekapseltes Gehäuse; *w* Spaltweite; *l* Spaltlänge

c) Die Zündung von explosionsfähigen Gemischen ausserhalb der Gehäuse durch zu hohe Temperaturen verhindern.

Zu a: Bei der Schutzart druckfeste Kapselung wird bewusst auf die bei einem Gehäuse, das hin und wieder geöffnet werden muss, kaum durchzuführende Forderung der Dichtheit gegenüber explosionsfähigen Gemischen verzichtet. Diese können durch die Spalten der Auflageflächen zusammengehörender Gehäuseteile oder Verbindungsstücke (Fig. 2), sowie die Durchmesserunterschiede zwi-

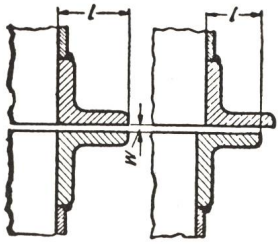

Fig. 2
Spaltlänge *l* und Spaltweite *w* zwischen Auflageflächen von Gehäuseteilen

schen Bohrungen einerseits und Wellen und Achsen (Fig. 3 und 4) anderseits ins Innere der Gehäuse eindringen und dort entzündet werden. Die Ge-

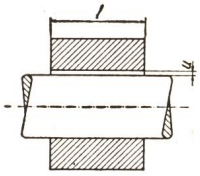

Fig. 3
Spaltlänge l und Durchmesserunterschied u bei umlaufenden Wellen

häuse müssen also dem im Innern entstehenden Explosionsdruck gemäss Tabelle VI standhalten.

Innerer Mindestüberdruck

Tabelle VI

Explosionsklasse	Innerer Mindestüberdruck unter Einrechnung eines Sicherheitsfaktors bei Gehäuseinhalt von [1])	
	2 bis 100 cm³ [2])	über 100 cm³
1	8 kg/cm²	10 kg/cm²
2	8 kg/cm²	10 kg/cm²
	1,5mal höchster *gemessener* Explosionsdruck in geschlossenem Gehäuse, dessen Spalten abgedichtet sind, jedoch mindestens [3])	
3	8 kg/cm²	10 kg/cm²

[1]) Als Gehäuseinhalt gilt der Inhalt des leeren Gehäuses, von dem jedoch das Volumen derjenigen Einbauteile abgezogen werden kann, welche zum Betrieb unbedingt erforderlich sind und die keine lokalen Drucksteigerungen verursachen.

[2]) Bei Gehäusen unter 2 cm³ Inhalt genügt in der Regel die sich aus der Herstellung ergebende Festigkeit.

[3]) Siehe Erläuterung über Azetylen und Wasserstoff unter lit. b des Textes.

Bei der Konstruktion ist zu beachten, dass die Druckerhöhung von Normaldruck auf den höchsten Explosionsdruck in einigen Hundertstel Sekunden, bei Acetylen und Wasserstoff in einigen Tausendstel Sekunden vor sich geht. Ferner ist zu berücksichtigen, dass in bewegten Gemischen, also

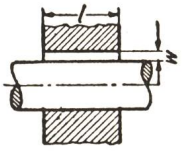

Fig. 4
Spaltlänge l und Spaltweite w zwischen Axe und Bohrung
(sich gelegentlich gegeneinander bewegende Teile)

z. B. in rotierenden Maschinen, die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Flammen bei einer Explosion bedeutend grösser ist als in ruhenden Gemischen. Je grösser die Flammengeschwindigkeit, um so kürzer ist die Zeit, bis der maximale Druck erreicht ist, weil die Gase und Dämpfe durch die Spalten der Gehäuse nur in geringem Masse entweichen können. Des weiteren verursachen die Unterteilung des druckfest gekapselten Raumes (siehe Fig. 5) oder ungünstige Gehäuseformen wesentlich höhere Drücke als 10 kg/cm². Diese Drücke können nur im Explosionsversuch ermittelt werden.

Zu b: Wenn die Explosion durch die vorerwähnten Spalten nicht auf die umgebenden Gemische übertragen oder, mit anderen Worten, ein Zünddurchschlag verhindert werden soll, so muss die Flamme in den Spalten erlöschen, und die Temperatur der austretenden Gase unter Einrechnung eines Sicherheitsfaktors *unter* der Zündtemperatur liegen, oder die Gase müssen sich, nachdem sie den Spalt durchströmt haben, so rasch mit dem umgebenden explosiven Gemisch vermengen und sich dabei so stark abkühlen, dass keine Zeit für eine Zündung bleibt. Der für die Abkühlung der Flamme und der Gase nötige Wärmeentzug sowie die Durchwirbelung mit dem umgebenden Gemisch werden durch entsprechende Bemessung von Länge und Breite der Spalten erreicht, und zwar ist die Wirkung um so grösser je enger der Spalt ist.

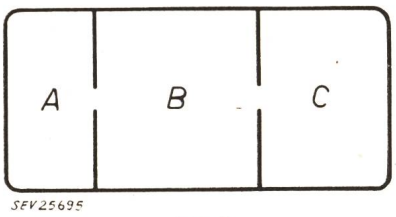

Fig. 5
Schematische Darstellung der Unterteilung des druckfest gekapselten Raumes
(z. B. zusammengebaute Schalt- und Verteilkästen, Räume *A*, *B* und *C*)

Das Zünddurchschlagvermögen — das ist die Fähigkeit eines explodierenden Gemisches, von innen nach aussen zu zünden — ist einerseits abhängig von der Zusammensetzung des Gemisches bzw. von dessen Verbrennungswärme, anderseits aber auch von der Stelle, an der die Zündung stattfindet (z. B. in der Nähe der Spalte oder in der Mitte des Gehäuses).

Die Spaltdimensionen, d. h. die Spaltlänge und die Spaltweite, müssen entsprechend dem Zünddurchschlagvermögen gewählt werden, wobei die kleinste zulässige Spalt*länge* und die grösste zulässige Spalt*weite* für die verschiedenen Gase und Dämpfe bei gleichbleibendem Sicherheitsgrad verschieden sind. Es hat sich als zweckmässig erwiesen, die Gase und Dämpfe in drei Explosionsklassen einzuteilen, wobei für jede Klasse diejenige Spaltweite charakteristisch ist, bei der aus einem genormten Versuchsgehäuse bei einer Spaltlänge von 25 mm noch ein Zünddurchschlag erfolgt. Diese Grenzspaltweiten konnten natürlich nur durch zahlreiche, vor allem in Deutschland und England durchgeführte Versuche mit statistischer Auswertung ermittelt werden. Die Einteilung einiger Gase und Dämpfe in Explosionsklassen und die entsprechenden Grenzspaltweiten sind in Tabelle VII zusammengestellt.

Diese Grenzspaltweiten sind aber mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, weshalb bei der Konstruktion ein Sicherheitsfaktor eingerechnet werden muss. Der Entwurf der Leitsätze enthält Angaben über die Spaltdimensionen, die auf Grund von Versuchen und der Erfahrung nicht mehr zu Zünddurchschlägen führen sollten. Bei der Herstellung des Materials muss darauf geachtet werden, dass diese Spaltdimensionen durch betriebliche Einflüsse, z. B. durch das Öffnen und Schliessen der Gehäuse oder durch Abnützung, nicht verändert werden.

Ein besonderes Verhalten zeigen Wasserstoff und Acetylen. Wasserstoff hat eine hohe Brenngeschwindigkeit, weshalb ein genügender Wärmeentzug erst

Explosionsklassen und Grenzspaltweiten

Tabelle VII

Explosionsklasse	Grenzspaltweite[1]) mm	Stoff[2])
1	über 0,8	Ammoniak Aethylalkohol Aceton Amylacetat Benzine Benzol Butylacetat Methylaethylketon Methylalkohol
2	über 0,5	Diaethylaether Kohlenoxyd
3	unter 0,5	Acetylen Schwefelkohlenstoff Wasserstoff

[1]) Bei der Grenzspaltweite und einer Spaltlänge von 25 mm erfolgt der Zünddurchschlag.

[2]) Weitere Beispiele siehe: *K. Nabert* und *G. Schön:* Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe, Deutscher Eichverlag, Berlin W.

bei Spaltlängen über 25 mm eintritt, während der hohe Explosionsdruck von Acetylen zu Selbstentzündungen ausserhalb der Gehäuse Anlass geben und eine Zündung des Gemisches in der Umgebung des Gehäuses bewirken kann. In Räumen, in denen Explosionsgefahr durch Acetylen auftreten kann, wird deshalb in anderen geeigneten Schutzarten (z. B. Fremdbelüftung oder erhöhte Sicherheit) gebautes Material vorgesehen oder, noch besser, sämtliche Installationen und Apparate werden ausserhalb des explosionsgefährdeten Raumes angeordnet. Gehäuse, welche in Azetylen-Luft- und Wasserstoff-Luft-Gemischen verwendet werden, müssen im Explosionsversuch in beiden Gemischen geprüft werden. Die Erfahrung zeigt übrigens, dass Material für die Explosionsklasse 3 im allgemeinen nur dann zünddurchschlagsicher hergestellt werden kann, wenn die Gehäuseteile ineinandergeschraubt oder mit Zentrierrändern versehen sind.

Zu c: An der Oberfläche der druckfest gekapselten Gehäuse dürfen keine zündfähigen Temperaturen entstehen. Da ein Sicherheitsfaktor eingerechnet und auch der Unsicherheit in der Bestimmung der Zündtemperaturen Rechnung getragen werden muss, liegen die zulässigen Temperaturen erheblich unter den Zündtemperaturen. Die erfahrungsgemäss zulässigen Werte sind in Tabelle VII des Leitsätzenentwurfs angegeben.

Um zu vermeiden, dass bei geöffneten oder nicht ordnungsmässig geschlossenen Gehäusen Funken oder Lichtbögen entstehen, welche die im Raum vorhandenen Gemische entzünden könnten, müssen die abnehmbaren Teile, welche für die Druckfestigkeit von Bedeutung sind, Sonderverschlüsse erhalten, die nur von Fachpersonal betätigt werden können. An Stelle der Sonderverschlüsse können elektrische oder mechanische Verriegelungen treten, welche die Aufhebung der Druckfestigkeit verhindern, solange eine Betätigung unter Spannung möglich ist.

Diejenigen Teile des Materials, an denen betriebsmässig keine Funken, Lichtbögen oder gefährlichen Temperaturen auftreten, können in der Schutzart erhöhte Sicherheit e ausgeführt werden, worüber in einem besonderen Abschnitt berichtet wird.

Schutzart Ölkapselung o

Bei der Schutzart Ölkapselung werden die Funken oder Lichtbögen auslösenden Teile so tief unter Öl gelegt, dass die Zündung eines über dem Öl befindlichen explosiven Gemisches auch bei niedrigstem Ölstand und bei kaltem Öl ausgeschlossen ist. Bei beweglichem oder transportablem Material ist diese Schutzart nur dann zulässig, wenn die Explosionssicherheit in allen betriebsmässigen Lagen und bei allen Beanspruchungen erhalten bleibt (z. B. Schrägstellung von Ölschaltern).

Die Gehäuse müssen so ausgebildet sein, dass Staub und Spritzwasser nicht eindringen können, beim Auftreten von Lichtbögen kein Überdruck entsteht und sie schliesslich von Unbefugten nicht geöffnet werden können, also Sonderverschlüsse aufweisen.

Schutzart Fremdbelüftung f

Wie bei der Schutzart Ölkapselung, werden bei der Fremdbelüftung die explosiven Gemische von den Teilen des Materials ferngehalten, welche eine Zündung verursachen können. Das geschieht bei der Fremdbelüftung in der Weise, dass die Gehäuse oder in Schaltanlagen die Schränke mit Luft oder einem inerten Gas, z. B. Stickstoff, durchspült und unter einem geringen Überdruck gegenüber der Umgebung gehalten werden.

Die Fremdbelüftung ist ein einfaches, zweckmässiges und zuverlässiges Mittel, um sämtliches Material explosionssicher gestalten. Ganz besonders geeignet ist die Schutzart, wenn Schalt- oder Verteilschränke oder auch grosse Motoren explosionssicher ausgeführt werden müssen. Schalt- oder Verteilschränke können in Normalausführung erstellt

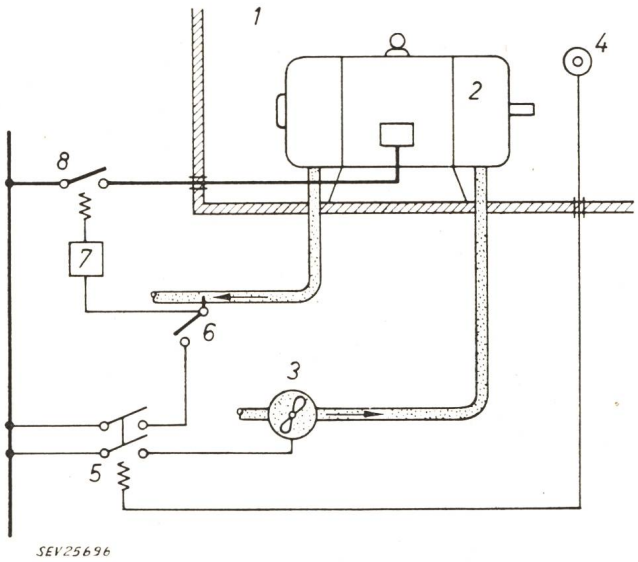

Fig. 6

Schematische Darstellung der Schutzart Fremdbelüftung

1 explosionsgefährdeter Raum; *2* Schleifringläufermotor; *3* Ventilator der Fremdbelüftung; *4* Druckknopfschalter zur Betätigung der Schaltgeräte für Ventilator und Motor; *5* Schaltschütz für Ventilatormotor mit Hilfskontakt für Motorschaltschütz; *6* Strömungswächter; *7* Zeitrelais; *8* Motorschaltschütz

und lediglich an eine Zuluftanlage angeschlossen werden.

Bei sämtlichem Material, das fremdbelüftet wird, müssen die Gehäuse oder Schränke vor der Inbetriebnahme derjenigen Einbauteile, die zu Zündungen Anlass geben können, gründlich durchspült werden, und die gefährlichen Teile müssen ausser Betrieb gesetzt werden, sobald die Durchspülung aussetzt. Der Spülstrom ist so zu führen, oder die Gehäuse oder Schränke sind derart auszubilden, dass nirgends Reste explosiver Gemische zurückbleiben können. In den Fig. 6 und 7 ist die Schutzart Fremdbelüftung schematisch dargestellt. Sie kann auch für vorhandenes Material, das gegen explosionssicheres ausgetauscht werden müsste, z. B. Schleifringläufer- oder Zentrifugalanlassermotoren angewendet werden.

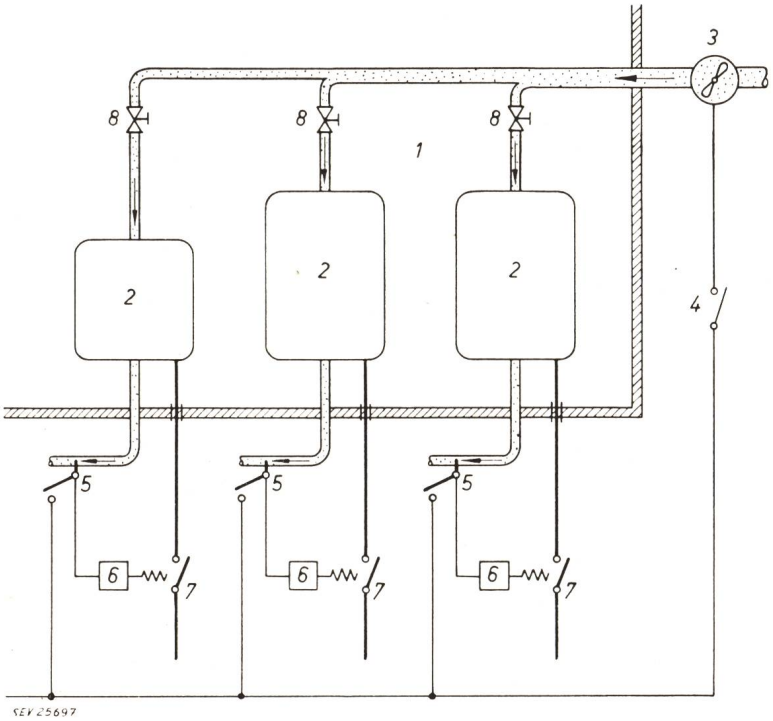

Fig. 7
Fremdbelüftete Schalt- und Verteilschränke
1 explosionsgefährdeter Raum; *2* Schalt- und Verteilschränke; *3* Ventilator der Fremdbelüftung; *4* Ventilatorschalter; *5* Strömungswächter; *6* Zeitrelais; *7* Schalter der Schalt- und Verteilschränke; *8* Klappen oder Schieber

Schutzart erhöhte Sicherheit e

Diese Schutzart kann im Gegensatz zu den bereits behandelten Bauarten nur angewendet werden, wenn am Material betriebsmässig keine Funken, Lichtbögen oder gefährlichen Temperaturen entstehen. Trotz dieser beschränkten Anwendbarkeit wird die erhöhte Sicherheit häufig verwendet, weil sie einfacher, leichter und billiger ist als die anderen Schutzarten. Sie kommt vor allem in Betracht für Kurzschlussankermotoren, Leuchten, Verbindungsdosen, Anschlussklemmen, Akkumulatoren, nicht aber für Schalter, Motoren mit Schleifringen, Kollektoren oder Zentrifugalanlassern, Überstromunterbrecher und Steckkontakte. Gegenüber der üblichen Ausführung des Materials sind allerdings, wiederum dem besonderen Risiko in explosionsgefährdeten Räumen Rechnung tragend, besondere Massnahmen hinsichtlich des Isoliervermögens und der Kurzschlussfestigkeit zu treffen. Bei der Bemessung der Kriechwege und Luftdistanzen ist ein Sicherheitsfaktor einzurechnen, d. h. Kriechwege und Luftdistanzen sind gegenüber der normalen Ausführung zu vergrössern. Angaben und Beispiele dafür sind im Leitsätzenentwurf enthalten (siehe auch Fig. 8). Die Verbindungen von Leitern müssen gegen Selbstlockern zuverlässig gesichert sein.

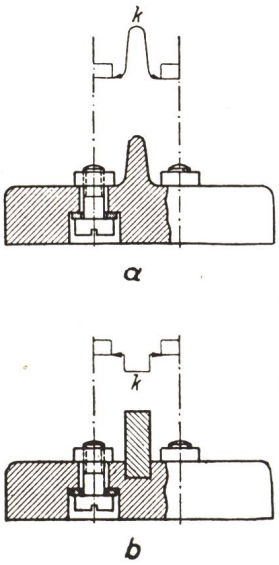

Fig. 8
Unterteilung der Kriechwege durch Rippe (*a*) und Steg (*b*)

Selbstverständlich dürfen auch am Material, das nach Schutzart erhöhte Sicherheit hergestellt ist, Grenzerwärmung und Grenztemperatur bestimmte Werte nicht überschreiten, und zwar nicht nur an der Oberfläche, sondern auch im Innern des Materials. Die Temperaturen, die erfahrungsgemäss nicht überschritten werden sollen, können der Tabelle VII des Leitsätzenentwurfes entnommen werden.

Die Schutzart erhöhte Sicherheit kann mit Vorteil auch in Verbindung mit anderen Schutzarten verwendet werden. So ist es zweckmässig, die Anschlussklemmen von Material, das in Schutzart druckfeste Kapselung oder Ölkapselung ausgeführt ist, nach Schutzart erhöhte Sicherheit herzustellen.

Sonderschutzart s

Es ist denkbar, dass Material hergestellt werden kann, welches den in den Vorschriften vorgesehenen Schutzarten nicht entspricht, aber gleichwohl allen Anforderungen an die Explosionssicherheit genügt. Dies kann zum Beispiel zutreffen für Material, bei welchem Vergussmassen, härtbare Giessharze, vollständig gasdichte Gehäuse aus Metall oder anderen Werkstoffen, Quecksilberkontakte, Zünddurchschlagssicherungen besonderer Konstruktion, nicht zündfähige Stromkreise zur Anwendung gelangen. Solches Material kann nach bestandener Prüfung in Sonderschutzart zugelassen werden.

c) Einzelbestimmungen

Maschinen können in den Schutzarten druckfeste Kapselung, Fremdbelüftung und erhöhte Sicherheit explosionssicher hergestellt werden, wobei die

Fortsetzung des allgemeinen Teils auf Seite 721
Es folgen «Die Seiten des VSE»

Fortsetzung von Seite 704

Einführung in die Vorschriften für explosionssichere elektrische Installationsmaterialien und Apparate (Vorschriften für Ex-Material) Fortsetzung

Schutzart erhöhte Sicherheit nur für Maschinen ohne Funkenbildung in Betracht kommt. Werden Maschinen mit Schleifringen, Kollektoren und Zentrifugalanlassern in druckfester Kapselung ausgeführt, so genügt es, um die Explosionssicherheit zu erzielen, die erwähnten, funkenbildenden Teile in druckfeste Gehäuse einzubauen. Der übrige Teil der Maschinen, also Stator und gewickelter Teil des Rotors, können in erhöhter Sicherheit hergestellt werden, welche Bauart für Motoren mit Käfigläufer normalerweise gewählt wird. Die ganze Maschine in druckfester Kapselung ausgeführt, wird grösser und schwerer als eine Ausführung in erhöhter Sicherheit.

Bei Käfigläufermotoren in Schutzart erhöhte Sicherheit sind aber, um Funkenbildung zu vermeiden, die Käfigstäbe mit den Kurzschlussringen durch Hartlöten oder Schweissen zu verbinden, falls Stäbe und Ringe nicht aus einem Stück bestehen. Ferner müssen auch besondere Massnahmen getroffen werden, um Funkenbildung zwischen Stäben und Läufereisen sowie zwischen rotierenden und festen Teilen zu vermeiden, mit anderen Worten, die Isolation muss gegenüber normaler Ausführung erhöht und der Luftspalt vergrössert werden. Ausserdem ist der Lagerung besondere Beachtung zu schenken.

Maschinen, deren Nennstrom geringer als 0,1 A ist, sind in Schutzart erhöhte Sicherheit nur zulässig, wenn durch einen dauernden Kurzschlußstrom die zulässige Grenztemperatur bzw. Grenzerwärmung nicht überschritten werden. Diese Einschränkung ist deshalb nötig, weil bei geringen Stromstärken die Überstromunterbrecher nicht mit genügender Sicherheit ansprechen und deshalb eine unzulässige Erwärmung nicht immer verhindern.

Grosse Maschinen mit Schleifringen, Kollektoren oder Zentrifugalanlassern werden mit Vorteil fremdbelüftet, welche Schutzart vor allem auch für Maschinen anwendbar ist, welche nicht explosionssicher ausgeführt, aber in explosionsgefährdeten Räumen verwendet werden sollen. Fig. 6 zeigt in schematischer Darstellung die Fremdbelüftung eines Schleifringläufermotors.

Transformatoren, Drosselspulen und Widerstandsgeräte sind zulässig in den Schutzarten druckfeste Kapselung, Ölkapselung, Fremdbelüftung und erhöhte Sicherheit. Transformatoren, deren Nennstrom auf der Unterspannungsseite kleiner als 0,5 A ist, sind mit der gleichen Begründung derselben Einschränkung unterworfen, wie die Maschinen mit Stromstärken unter 0,1 A. Die zulässigen Grenztemperaturen und Grenzerwärmungen sind unter Einrechnung eines Sicherheitsfaktors im Leitsätzenentwurf aufgeführt.

Bei Widerstandsgeräten in Schutzart erhöhte Sicherheit sind besondere Massnahmen erforderlich, um Funkenbildung und zu hohe Temperaturen zu vermeiden. Bei ordnungsgemässem Betrieb darf kein Bruch an den Widerstandselementen auftreten, und diese müssen so befestigt sein, dass ein Berühren untereinander und mit dem Gehäuse ausgeschlossen ist.

Schalt- und Steuergeräte können wegen der mit ihrer Betätigung verbundenen Bildung von Funken oder Lichtbögen nicht in Schutzart erhöhte Sicherheit ausgeführt werden, Gleichstrom-, Schalt- und Steuergeräte auch nicht in der Schutzart Ölkapselung, da Gleichstromflammbogen schwer gelöscht werden und dabei verhältnismässig grosse Mengen von gasförmigen Zersetzungsprodukten entstehen.

Ausser den im Abschnitt «Schutzart druckfeste Kapselung d» erwähnten Massnahmen müssen Schalt- und Steuergeräte in dieser Bauart so verriegelt werden, dass die Druckfestigkeit nur in ausgeschaltetem Zustande der Apparate aufgehoben werden kann, und dass das Einschalten ausgeschlossen ist, solange die druckfeste Kapselung nicht wieder hergestellt wird.

Diese Bedingung lässt sich konstruktiv mit Zentralverschluss oder Einzelverschluss lösen. Mit dem Zentralverschluss können alle Einbauteile spannungslos gemacht werden bevor die Druckfestigkeit aufgehoben wird, also z. B. das Öffnen des Deckels eingeleitet werden kann. Sonderverschlüsse sind bei Anwendung des Zentralverschlusses nicht notwendig. Dagegen müssen die nach dem Öffnen des Gehäuses unter Spannung stehenden Netzanschlussklemmen gegen zufällige Berührung abgedeckt sein; diese Abdeckungen sind mit Sonderverschlüssen zu befestigen. Mit dieser Massnahme soll verhindert werden, dass Unbefugte zu den spannungführenden Teilen gelangen können. Bei grossen Gehäusen ergeben sich allerdings wegen der für die Explosionsklasse 3 unter 0,1 mm liegenden Spaltweite für Konstruktion und Fertigung solche Schwierigkeiten, dass diese Gehäuse besser mit Einzelverschluss ausgeführt werden, der im Verschrauben der Gehäuseflanschen besteht. Die Verschraubung ist dann so zu gestalten, dass die Schrauben nur gelöst werden können, wenn die Einbauteile spannungslos sind, oder dass sie beim Lösen der Schrauben spannungslos werden. Diese Forderung führt zu einer verhältnismässig komplizierten Verriegelung, und zudem bedeutet das Lösen vieler einzelner Schrauben für Gehäuse, die betriebsmässig geöffnet werden müssen, eine Erschwerung. Es ist deshalb statthaft, Schalter und Schütze ohne eingebaute Schmelzsicherungen ohne Verriegelung auszuführen, wenn sie mit Sonderverschlüssen versehen sind und auf dem Deckel die gut sichtbare Warnung tragen, dass vor dem Öffnen desselben die Haupt- und Steuerstromkreise spannungslos gemacht werden müssen. Eine ähnliche Regelung ist für Leitungsschutzschalter getroffen, wenn sie ohne Öffnen betätigt werden können.

Schmelzsicherungen dürfen wegen der Funkenbildung beim Durchschmelzen oder Auswechseln der Schmelzeinsätze oder bei Selbstlockerung nur in den Schutzarten druckfeste Kapselung und Fremdbelüftung ausgeführt werden. In druckfester Kapselung sind sie zudem so zu verriegeln, dass das Einsetzen und Herausnehmen der Schmelzeinsätze nur in spannungslosem Zustand möglich ist. Praktisch

wird diese Bedingung durch Einbau eines besonderen Schalters erfüllt, der mit dem Gehäusedeckel so verriegelt ist, dass dieser nur bei ausgeschaltetem Schalter geöffnet werden und der Schalter erst wieder eingeschaltet werden kann, wenn das Gehäuse druckfest geschlossen ist.

Schalter in Schutzart Ölkapselung müssen Gewähr dafür bieten, dass ein über dem Ölspiegel befindliches explosionsfähiges Gemisch durch die Abschaltfunken unter keinen Umständen gezündet wird, und zwar auch nicht beim Abschalten von Kurzschlüssen oder anlaufender Motoren. Die Ölüberdeckung soll bei tiefster Raumtemperatur ohne Erwärmung durch den Betriebsstrom mindestens 10 mm betragen. Die beim Schalten durch Verdampfung und thermische Zersetzung des Öles entstehende Gase und Dämpfe dürfen im Innern des Ölbehälters keinen messbaren Überdruck bewirken. Wenn also merkbare Mengen von Gasen und Dämpfen entstehen, müssen sie entweder durch im Gehäuse vorhandenen Spalten oder durch besondere Lüftungsöffnungen entweichen können.

In gewissen Ländern wird auch die druckfeste Ölkapselung, eine Verbindung von druckfester Kapselung mit Ölkapselung, zugelassen. Wir betrachten eine solche Schutzart nicht nur als unzulässig, sondern geradezu als gefährlich. Beim Abschalten schwerer Kurzschlüsse kann nämlich im Innern der druckfesten Kapselung durch die Zersetzungsgase ein Überdruck entstehen, weil diese durch die engen Spalten des Gehäuses nicht rasch genug entweichen können. Auf diese Weise entsteht eine gewisse Vorkompression, und da der Explosionsdruck dem Anfangsdruck direkt proportional ist, können unkontrollierbare Drücke entstehen (bis zu 20 kg/cm^2), denen die Gehäuse standhalten müssten, was wirtschaftlich kaum durchführbar wäre.

Bei ölgekapselten Schaltern können nur die Schaltelemente selbst unter Öl gelegt werden, während das weitere Zubehör, wie Überstromunterbrecher, Signallampen und Anschlussklemmen, in einer anderen geeigneten Schutzart ausgeführt werden müssen, z. B. Überstromunterbrecher druckfest, Signallampen und Anschlussklemmen in erhöhter Sicherheit.

Müssen in einem explosionsgefährdeten Raum eine Mehrzahl von Schaltern, Überstromunterbrechern, Verteilkasten und weiterer Apparate und Instrumente installiert werden, so kann jeder einzelne Apparat in der für diesen zulässigen Schutzart verwendet, oder sie können in einer gemeinsamen, einer einzigen Schutzart entsprechenden Anlage zusammengefasst werden. Eine praktische Lösung stellt die Verbindung von Schaltern und Überstromunterbrechern in Schutzart druckfeste Kapselung und der Verteilkasten in Schutzart erhöhte Sicherheit dar, wobei die Gehäuse nach dem Baukastensystem zusammengebaut werden.

Sehr zweckmässig ist für Schalt- und Verteilanlagen die Fremdbelüftung. Bei Anwendung dieser Schutzart kann durchwegs Material in normaler Ausführung verwendet werden. Zusätzlich sind die in Fig. 7 ersichtlichen Einrichtungen nötig. Bei der Konstruktion ist darauf zu achten, dass Schalt- und Verteilschränke gut durchspült werden. In Räumen, in denen Feuchtigkeit oder korrosive Gase und Dämpfe vorhanden sind, kann durch Fremdbelüftung auch deren Einfluss ausgeschaltet werden.

Für *Steckkontakte* kommt nur die Schutzart druckfeste Kapselung in Frage, und die Kontakte müssen bei Stromdurchgang entsprechend dieser Schutzart abgeschlossen sein. Die druckfeste Kapselung kann entweder durch das Gehäuse des Steckers und der Dose oder durch Einkapselung der Kontaktstellen selbst erreicht werden. Wird die Kapselung durch die Gehäuse des Steckers und der Dose gebildet, so muss die Einstecktiefe des einen Gehäuses in das andere im Augenblick der Stromunterbrechung noch eine grössere Spaltlänge aufweisen als sie sonst bei druckfester Kapselung nötig ist. Der Grund liegt darin, dass einerseits die Spaltweiten nicht so genau eingehalten werden können, und anderseits die Druckfestigkeit noch in der äussersten Stellung, die zu einer Funkenbildung führen kann, gewährleistet sein muss. Ist dagegen jede Kontaktstelle innerhalb der Steckvorrichtung für sich gekapselt, so werden die Räume, in denen eine Explosion entstehen könnte, so klein, dass hinsichtlich der Spaltlänge Erleichterungen am Platze sind. Die empfohlenen Spaltdimensionen können dem Leitsätzenentwurf entnommen werden.

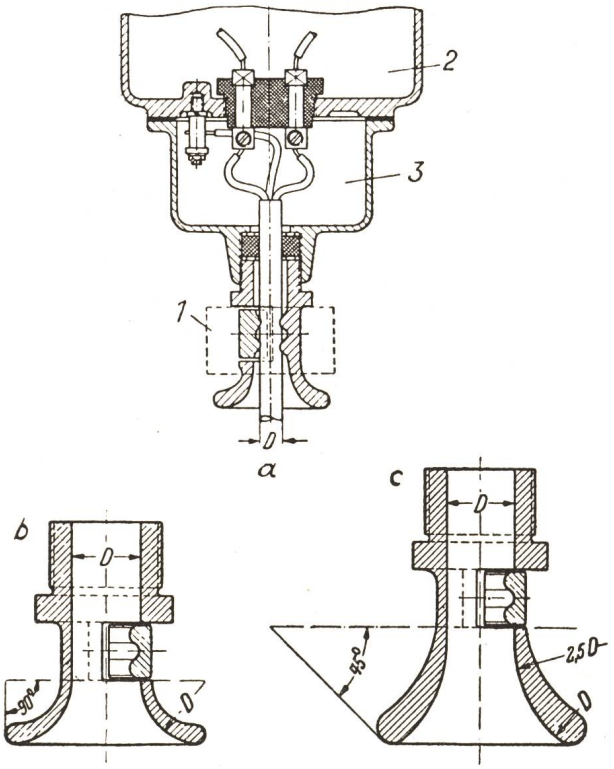

Fig. 9
Leitereinführungen
1 Einführungsstelle
2 druckfeste Kapselung
3 erhöhte Sicherheit

Die meisten im Handel erhältlichen Steckvorrichtungen sind, wie das auch in den Vorschriften vorgesehen ist, so mit einem Schalter kombiniert, dass Stecken und Ziehen nur in spannungslosem Zustande erfolgen kann.

Da eine Beschädigung der *beweglichen Zuleitungen* des Ex-Materials zu Funkenbildung oder unzulässiger Erwärmung führen kann, sind die Einführungsstellen trompetenförmig auszubilden. Fig. 9a stellt den Zusammenbau einer Leitereinführung in erhöhter Sicherheit mit einem druckfest gekapselten Gehäuse dar, während aus den Fig. 9b und 9c die Ausführung der Leitereinführung selbst hervorgeht, und zwar aus Fig. 9b für Schnurdurchmesser bis 30 mm und aus Fig. 9c für Schnurdurchmesser über 30 mm.

An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, dass nicht nur alle Energieverbraucher, wie auch feste oder bewegliche Leiter, so gegen Überlastung geschützt sein müssen, dass keine gefährlichen Temperaturen auftreten können. Die Leiter müssen sorgfältig verlegt werden, Anschluss- und Verbindungsdosen sind reichlich zu dimensionieren, so dass die Anschlüsse unter Einhaltung der vorgesehenen Kriechwege und Luftdistanzen erfolgen können.

Leuchten (Beleuchtungskörper) können in den Schutzarten druckfeste Kapselung, erhöhte Sicherheit und Fremdbelüftung gebaut werden. Da die praktische Bedeutung fremdbelüfteter Leuchten bis jetzt gering ist, wurden lediglich für druckfeste Kapselung und erhöhte Sicherheit Bestimmungen aufgestellt. Sollten fremdbelüftete Leuchten zur Anwendung gelangen, so können sie in sinngemässer Anwendung der Bestimmungen über die Schutzart Fremdbelüftung als Sonderschutzart geprüft und zugelassen werden.

An Leuchten in Schutzart druckfeste Kapselung sind die lichtdurchlässigen Teile ein Bestandteil der druckfesten Kapselung, und sie müssen nach den Bestimmungen über diese Schutzart ausgeführt werden und also einem Druck von 8...10 kg/cm² standhalten. Auch darf die druckfeste Kapselung nur in spannungslosem Zustande aufgehoben werden können. Sie ist also mit Verriegelungen auszurüsten, die ein Öffnen der druckfesten Kapselung nur in spannunglosem Zustande aller zugänglichen Teile gestatten.

In Leuchten nach Schutzart erhöhte Sicherheit müssen die Lampen in spannungslosem Zustand ausgewechselt werden können, oder es sind Fassungen vorzusehen, bei denen beim Auswechseln der Lampe entstehende Funken nur in einem druckfest gekapselten Raume auftreten.

Die lichtdurchlässigen Teile sämtlicher Leuchten sind durch zweckmässige Schutzvorrichtungen, wie Schutzkörbe oder Schutzgitter, gegen mechanische Beschädigung zu schützen. Ausnahmen von dieser Bestimmung sind möglich, wenn die Leuchten so angeordnet werden, dass unbeabsichtigte mechanische Beschädigungen ausgeschlossen erscheinen.

Die Herstellung von Leuchten in Schutzart erhöhte Sicherheit für Lampen in Kolbenform bietet für die Zündgruppen C und D gewisse Schwierigkeiten, da die Zündtemperaturen, die ja unter Einrechnung eines Sicherheitsfaktors nicht erreicht werden dürfen, für die Gase und Dämpfe dieser beiden Gruppen unter den Temperaturen der Glühlampen liegen. Die Temperatur an den Kolben kann nämlich je nach Leistung ungefähr 200 °C erreichen, während die Zündtemperatur von Diaethylaether 180 °C, von Schwefelkohlenstoff 120 °C betragen. Da bei der Schutzart erhöhte Sicherheit die Gase und Dämpfe mit den heissen Stellen der Lampe in Berührung kommen, dürfen nur Lampen eingesetzt werden, welche Gewähr dafür bieten, dass die in den Leitsätzen aufgeführten Grenztemperaturen und Grenzerwärmungen nicht überschritten werden. In Räumen, in denen Explosionsgefahr durch Gase und Dämpfe der Zündgruppen C und D besteht, können deshalb kaum Leuchten in Schutzart erhöhte Sicherheit verwendet werden. Immerhin ist bei der Beurteilung der Explosionsgefahr zu berücksichtigen, dass die betreffenden Gase und Dämpfe wesentlich schwerer sind als Luft, so dass je nach der Höhe und dem Rauminhalt der betreffenden Räume, aber auch nach der Art der Einrichtung und der Lüftung die Möglichkeit besteht, solche Leuchten im Einverständnis mit den zuständigen Organen der Arbeitsaufsicht und der Feuerpolizei zuzulassen.

Ein selbsttätiges Lockern der Lampen in Kolbenform und der Fluoreszenzlampen muss durch besondere Vorrichtungen, z. B. Einbau von Federn, zuverlässig verhindert werden. Die Fassungen von Fluoreszenzlampen sind ebenfalls gegen Lockern zu sichern, und den handelsüblichen Längenunterschieden ist wiederum zur Vermeidung von Funkenbildung Rechnung zu tragen.

Hand- und Fassleuchten sind wie alle transportablen elektrischen Betriebsmittel zusätzlicher Beanspruchung unterworfen. Besondere Beachtung ist einer genügenden mechanischen Festigkeit zu schenken, weshalb die Glasglocken einem Fall von 1,5 m auf eine Buchenholzplatte, aber auch einer Abkühlung von 100 °C auf 0 °C standhalten müssen. Funkenbildung durch Schlag ist ebenfalls zu verhindern, so dass die äusseren Teile der Leuchten aus Nichteisenmetallen bestehen müssen oder mit Überzügen ausreichend zu schützen sind.

d) Staubgeschützte Bauart

Wie bereits erwähnt, gelten die Vorschriften nicht für Material, das in Räumen verwendet wird, in welchen die Gefahr von Staubexplosionen besteht. Es dürfte aber angezeigt sein, im Rahmen dieses Einführungsartikels noch einige Erläuterungen über Staubexplosionsgefahr durch elektrisches Material und über staubgeschützte Bauarten beizufügen.

Jeder brennbare feste Stoff kann zu Staubexplosionen Anlass geben, wenn er in genügend feiner Verteilung und genügender Konzentration in der Luft vorhanden ist. Die Explosionsgefahr ist aber nach anderen Gesichtpunkten zu beurteilen als diejenige von Gasen und Dämpfen. Sie ist im Wesentlichen abhängig von Korngrösse, Kornform, Oberflächenbeschaffenheit und chemischer Zusammensetzung. Je kleiner die Korngrösse, um so grösser ist die Explosionsgefahr. Es kann angenommen werden, dass Korngrössen über 0,3 mm Durchmesser als ungefährlich betrachtet werden können. Die unteren Explosionsgrenzen der meisten Stäube sind durch Versuche in der Grössenordnung von 20...40 g/m³

ermittelt worden. Sie liegen also verhältnismässig hoch, doch sind all diese Angaben mit Vorsicht aufzunehmen, weil die Versuchsresultate sehr weitgehend von den Versuchsbedingungen und vor allem von der Zusammensetzung der festen Anteile des Staubes abhängig sind. Eine wesentliche Rolle spielt dabei die Verteilung der verschiedenen Korngrössen.

Im Gegensatz zu Gas- oder Dampf-Luftgemischen ist Staub schon in der Konzentration von einigen g/m³ sichtbar, ja die Luft wird bei dieser Konzentration auf kurze Entfernung sogar undurchsichtig. Lange bevor die untere Explosionsgrenze erreicht ist, erfolgt also eine Warnung. Eine besondere Gefahr besteht aber im Aufwirbeln der abgesetzten festen Anteile des Staubes, was z. B. durch Erwärmung, Undichtigkeiten, mechanische Vorgänge und Luftströmungen erfolgen kann. Eine sehr geringe Schichtdicke reicht aus, um aufgewirbelt eine explosionsfähige Konzentration herbeizuführen. Wenn eine Zündquelle vorhanden ist, genügt schon die Bildung sehr kleiner Staubwolken in explosionsfähiger Konzentration, also oberhalb der unteren Explosionsgrenze, um eine vielleicht harmlose Verpuffung auszulösen. Diese erzeugt aber durch Aufwirbelung neue Staubwolken, die wiederum gezündet werden. Es entsteht also eine Art Kettenreaktion, welche schwere Staubexplosionen herbeiführen kann.

Funken, Lichtbögen oder starke Erwärmung an elektrischem Material sind Zündquellen für die Auslösung von Staubexplosionen. Die Gefahr, Staub durch elektrische Funken zu zünden, darf zwar aus den bereits erwähnten Gründen und auch deshalb nicht überschätzt werden, weil die Zündstromstärken höher sind als für Gase und Dämpfe. Staubexplosionen durch elektrisches Material können wirksam verhindert werden, wenn die funkenbildenden Teile staubdicht gekapselt werden, was z. B. durch Verschraubung in Sacklöchern und Einbau guter Dichtungen erfolgen kann. Eine vollständige Dichtheit gegen das Eindringen von Staub ist allerdings nur dann zu erreichen, wenn die Gehäuse den Unterschieden in der Dichte im Innern des Gehäuses und in der Umgebung gewachsen sind.

Wenn sich brennbare Stoffe auf der Oberfläche oder im Innern von elektrischem Material ablagern, so können sie beim Überschreiten gewisser Temperaturen zur Selbstentzündung gelangen, so dass durch Aufwirbelung eine Staubexplosion entsteht. In staubgefährdeten Räumen ist das Material also so auszubilden, dass keine zu Selbstentzündung führende Temperaturen auftreten, dass sich feste Stoffe in feiner Verteilung nicht gut ablagern und allfällige Ablagerungen gut entfernt werden können. Auf alle Fälle dürfen diese Ablagerungen nicht auf Teilen erfolgen, die Temperaturen von mehr als ca. 100 °C aufweisen, denn organische Stoffe neigen bereits bei dieser, gelegentlich schon bei niedriger Temperatur zu Selbstentzündung.

e) Prüfung von Ex-Material

Gemäss den Bestimmungen des Sicherheitszeichenreglementes (Publ. Nr. 0204 des SEV) ist das Ex-Material einer Typenprüfung zu unterziehen, bei der festzustellen ist, ob das Material den in den Vorschriften enthaltenen Anforderungen entspricht. Der Vorschriftenentwurf enthält deshalb auch Prüfbestimmungen, doch sind die Einzelheiten über die Durchführung der Prüfung nicht in den Vorschriftenteil selbst aufgenommen worden, sondern nur in den Leitsätzen niedergelegt, um auch hier eine gewisse Beweglichkeit zu ermöglichen und zu gestatten, gemachte Erfahrungen auszuwerten.

Material in *Schutzart druckfeste Kapselung* ist auf Drucksicherheit, Zünddurchschlagsicherheit und Zünddurchschlagsicherheit bei Verformung zu prüfen, wobei alle drei Prüfungen in einem Prüfzyklus zusammengefasst werden können. Zu diesem Zwecke sind die Gehäuse einer Explosionsprüfung zu unterziehen. Für den Nachweis der Zünddurchschlagsicherheit werden die Gehäuse in eine Kammer gestellt und sowohl das Gehäuse als auch die Kammer mit einem explosionsfähigen Gemisch beschickt, das entsprechend der Explosionsklasse zu wählen ist.

Das im Innern des Gehäuses befindliche Gemisch wird gezündet. Das Gehäuse hat dem Explosionsdruck standzuhalten, und die Explosion darf sich nicht auf das das Gehäuse umgebende Gemisch auswirken. Ferner ist nachzuweisen, dass durch die Explosion das Gehäuse keine dauernden Formänderungen erlitten hat.

Bei Material in *Schutzart Ölkapselung* — es dürfte sich vor allem um Schaltgeräte handeln — ist durch die Prüfung der Nachweis zu erbringen, dass ein über dem Öl befindliches explosionsfähiges Gemisch beim Auftreten von Funken und Lichtbögen im Öl nicht gezündet wird. Da auch über der Nennleistung liegende Energien, z. B. diejenige eines anlaufenden Motors, sicher abgeschaltet werden müssen, wird die Prüfung bei höherer als der betriebsmässigen Leistung vorgenommen. Die Schaltungen werden in Abständen von 10 s wiederholt, um die Erwärmung des Öles und eine allfällige Drucksteigerung wegen ungenügender Entlüftung des Gehäuses erfassen zu können.

Die Explosionsprüfung des Ex-Materials verlangt besondere Prüfeinrichtungen und benötigt verhältnismässig viel Zeit. Auch kann sie mit der Zerstörung des Prüflings verbunden sein. Es ist aber möglich, gewisse Installationsmaterialien und Apparate auch ohne Explosionsprüfung zu begutachten. Es ist deshalb vorgesehen, dass das Material nur dann einer Explosionsprüfung zu unterwerfen ist, wenn das Starkstrominspektorat des SEV eine solche Prüfung als notwendig erachtet. Auf die Explosionsprüfung kann praktisch verzichtet werden für Material der Schutzarten erhöhte Sicherheit und Fremdbelüftung. Bei Material der Schutzart druckfeste Kapselung dürfte wohl dann eine Explosionsprüfung nicht nötig sein, wenn erfahrungsgemäss feststeht, dass die Ausführung dem auftretenden Explosionsdruck standhält. Das trifft z. B. zu auf Material mit kleinem Rauminhalt, z. B. kleine Schalter, die ohnehin stärker dimensioniert werden müssen, als der Explosionsdruck es erfordert. Die Spaltdimensionen können durch Messung

kontrolliert werden. Auch Ölschaltgeräte bis zu einer gewissen Leistung und Spannung (1 kVA, 500 V) brauchen bei einer Ölüberdeckung der Schaltstücke von mindestens 15 mm keine Explosionsprüfung zu bestehen.

f) Aufschriften

Das elektrische Material ist bekanntlich in Übereinstimmung mit den Hausinstallationsvorschriften und den einschlägigen sicherheitstechnischen Vorschriften des SEV zu kennzeichnen. Für das Ex-Material sind noch gewisse *zusätzliche* Aufschriften nötig. Sämtliches Material, das die Prüfung hinsichtlich Explosionssicherheit bestanden hat, ist mit dem Symbol *Ex* zu kennzeichnen. Die vielen Konstruktionsmöglichkeiten bedingen aber weitere Bezeichnungen, die übrigens auch deshalb am Platze sind, weil bei allfälliger Änderung der Produktion und damit verbundener Änderung der Explosionsgefahr (z. B. Auftreten von Gasen und Dämpfen anderer Zündgruppen und Explosionsklassen) aus den Aufschriften ersichtlich ist, ob das Material den neuen Anforderungen genügt. Vor allem ist es nötig, die Schutzart, Zündgruppen und Explosionsklassen, für welche das Material gebaut ist, in den zusätzlichen Aufschriften festzuhalten.

Neben dem bereits erwähnten Symbol *Ex* ist deshalb sämtliches Material noch mit dem Symbol der Schutzart (d, o, f, e, s) und dem Symbol der Zündgruppe (A, B, C, D) zu kennzeichnen. Druckfest gekapseltes Material muss auch noch das Symbol der Explosionsklasse (1, 2, 3) tragen.

Beispiele für zusätzliche Aufschriften:

a) Motor in Bauart erhöhte Sicherheit e, zulässig in allen 4 Zündgruppen: *Ex*-e-D.

b) Schalter in Schutzart druckfeste Kapselung d, zulässig in den Zündgruppen A, B, C und den Explosionsklassen 1, 2: *Ex*-d-C-2.

Ölgeschützte Schalt- und Steuergeräte müssen nebst dem Symbol *Ex* und dem Symbol der Schutzart und der Zündgruppe noch die Bezeichnung der Stromart und des maximal zulässigen Abschaltstromes aufweisen.

Leuchten für Lampen in Kolbenform sollen gut sichtbar die Leistungsangabe derjenigen Lampe tragen, bei welcher die zulässige Temperatur nicht überschritten wird.

Literatur

[1] *Müller-Hillebrand, Dietrich:* Grundlagen der Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betrieben. Berlin: Springer 1940.

[2] *Freytag, Helmut:* Raumexplosionen durch elektrische Anlagen. Berlin: Verlag Chemie 1949.

[3] *Sicherheit im Chemiebetrieb*, hg. von der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie. Düsseldorf: ECON-Verlag 1954.

[4] *VDE 0170/IV. 44* und *0171/IV. 44:* Vorschriften für schlagwetter- und explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel. Berlin-Charlottenburg: VDE-Verlag 1944.

[5] *CEI Publ. 79:* Recommandations pour la construction des carters antidéflagrants d'appareils électriques. Genève: Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 1957.

Adresse des Autors:

Dipl. Ing. *E. Bitterli*, Eidg. Fabrikinspektor des III. Kreises, Utoquai 37, Zürich 8.

Wirtschaftliche Mitteilungen

Unverbindliche mittlere Marktpreise

je am 20. eines Monats

Metalle

		Juli	Vormonat	Vorjahr
Kupfer (Wire bars) [1]	sFr./100 kg	267.—	270.—	365.—
Banka/Billiton-Zinn [2]	sFr./100 kg	916.—	932.—	918.—
Blei [1]	sFr./100 kg	114.—	114.—	145.—
Zink [1]	sFr./100 kg	94.—	92.—	122.—
Stabeisen, Formeisen [3]	sFr./100 kg	67.50	67.50	63.—
5-mm-Bleche [3]	sFr./100 kg	73.—	73.—	65.—

[1]) Preise franko Waggon Basel, verzollt, bei Mindestmengen von 50 t.

[2]) Preise franko Waggon Basel, verzollt, bei Mindestmengen von 5 t.

[3]) Preise franko Grenze, verzollt, bei Mindestmengen von 20 t.

Flüssige Brenn- und Treibstoffe

		Juli	Vormonat	Vorjahr
Reinbenzin/Bleibenzin [1]	sFr./100 kg	40.—	41.—	41.—
Dieselöl für strassenmotorische Zwecke	sFr./100 kg	40.25	41.20[3])	37.30[2])
Heizöl Spezial [2]	sFr./100 kg	21.10	21.10[3])	18.80
Heizöl leicht [2]	sFr./100 kg	20.30	20.30[3])	17.80
Industrie-Heizöl mittel (III) [2]	sFr./100 kg	16.55	16.55[3])	14.35
Industrie-Heizöl schwer (V) [2]	sFr./100 kg	15.35	15.35[3])	13.15

[1]) Konsumenten-Zisternenpreis franko Schweizergrenze, verzollt, inkl. WUST, bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen von ca. 15 t.

[2]) Konsumenten-Zisternenpreise (Industrie), franko Schweizergrenze Buchs, St. Margrethen, Basel, Genf, verzollt, exkl. WUST, bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen von ca. 15 t. Für Bezug in Chiasso, Pino und Iselle reduzieren sich die angegebenen Preise um sFr. 1.—/100 kg.

[3]) Konsumenten-Zisternenpreise (Industrie), franko Schweizergrenze Basel, verzollt, exkl. WUST, bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen von ca. 15 t. Für Bezug in Chiasso, Pino und Iselle reduzieren sich die angegebenen Preise um sFr. 1.—/100 kg, bei Bezug in Buchs, St. Margrethen und Genf erhöhen sie sich um sFr. —.80/100 kg.

Kohlen

		Juli	Vormonat	Vorjahr
Ruhr-Brechkoks I/II	sFr./t	149.—	149.—	133.—
Belgische Industrie-Fettkohle				
Nuss II	sFr./t	135.50	135.50	115.—
Nuss III	sFr./t	135.50	135.50	112.50
Nuss IV	sFr./t	135.50	135.50	109.—
Saar-Feinkohle	sFr./t	102.50	102.50	89.50
Französischer Koks, Loire	sFr./t	155.50	155.50	139.50
Französischer Koks, Nord	sFr./t	149.—	149.—	129.50
Polnische Flammkohle				
Nuss I/II	sFr./t	136.—	136.—	117.50
Nuss III	sFr./t	133.50	133.50	115.—
Nuss IV	sFr./t	133.50	133.50	115.—

Sämtliche Preise verstehen sich franko Waggon St. Margrethen, verzollt, bei Lieferung von Einzelwagen an die Industrie, bei Mindestmengen von 15 t.