Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 48 (1957)

Heft: 19

Artikel: Einführung in die Regeln für schwadensicheres Material

Autor: Zürcher, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060622

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: 10.12.2025

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

48. Jahrgang Nr. 19 Samstag, 14. September 1957

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

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

Einführung in die Regeln für schwadensicheres Material

Von *M. Zürcher*, Zürich

621.31-213.44 : 614.838

Bedingt hauptsächlich durch die Entwicklung der Erdölindustrie, welche sowohl in bezug auf das Totalvolumen, wie auch auf die Mannigfaltigkeit ihrer Produkte seit dem letzten Krieg eine gewaltige Umfangsteigerung angenommen hat, erfuhr auch das Interesse am Explosionsschutz und an explosionssicheren Apparaten eine beachtliche Ausweitung. Produktion, Lagerung, Verteilung, Weiterverarbeitung und Verbrauch von explosiven Treibstoffen, Lösungsmitteln, Zwischenprodukten der Kunststoff- und der chemischen Industrie erfassen immer weitere Kreise der Gross-, Mittel- und Kleinverbraucher, die sich dann aus Gründen der Betriebssicherheit vermehrt mit der Frage des Explosionsschutzes beschäftigen müssen.

Mit dem Entwurf der «Vorschriften für explosionssicheres Material», Publ. Nr. 0207 des SEV, welche vom Fachkollegium 31 des Schweizerischen Elektrotechnischen Komitees bearbeitet wurden, sollen Apparate erfasst werden, die so konstruiert sind, dass eine Zündung von explosiven Gas-Luft- oder Dampf-Luftgemischen mit Sicherheit vermieden wird. Dabei muss beachtet werden, dass sich dieser Vorschriftenentwurf lediglich mit der Konstruktion von Apparaten befasst, welche in explosionsgefährdeter Umgebung in Betrieb genommen werden sollen. Der erwähnte Entwurf ist jedoch keine Anwendungsvorschrift, welche darüber entscheiden soll, ob ein Betrieb, oder ein Teil dessen, als explosionsgefährdet zu betrachten ist. Die in diesem Entwurf enthaltenen Vorschriften sind Apparatevorschriften und haben zur Voraussetzung, wie das für Sicherheitsvorschriften immer gefordert wird, dass in bezug auf die Umgebung mit dem ungünstigsten Fall gerechnet werden muss, das heisst, es wird angenommen, dass darin explosive Gas-Luft- oder Dampf-Luftgemische dauernd und in der ungünstigsten Zusammensetzung vorhanden seien. Auf Grund der konsequenten Anwendung dieser Voraussetzung gelangt man zu verschiedenen Schutzarten, welche unter sich, was das erreichte Sicherheitsniveau anbetrifft, gleichwertig sind, jedoch verschiedene technische Möglichkeiten darstellen, um auch im ungünstigsten Fall die geforderte Explosionssicherheit zu gewährleisten.

Die Voraussetzung des ungünstigsten Falles, d. h. des dauernden Vorhandenseins von explosiven Gasgemischen ist eine Annahme, die unbedingt gemacht werden muss, wenn es sich um elektrisches Material handelt, welches als explosionssicher beurteilt werden soll und von dem man nicht weiss, wo es angewendet wird. In vielen Fällen der Praxis trifft nun diese Annahme des ungünstigsten Falles nicht zu. Es kann sogar oft mit Sicherheit angenommen werden, dass das Auftreten von explosiven Gas-Luft- oder Dampf-Luft-Gemischen nur auf kurze Zeit beschränkt ist. Dies ist z. B. der Fall, wenn in geschlossenen Apparaten mit Lösungsmitteln gearbeitet wird, die nur kurze Zeit zum Beschicken oder Entleeren geöffnet werden, oder wenn kräftige Ventilationsanlagen vorhanden sind, die gefährliche Gasgemische sofort nach dem Entstehen verdünnen, oder wenn aus anderen Gründen (Giftigkeit, Geruchsbelästigung usw.) ein Verdampfen von explosiven Gasen unbedingt vermieden werden soll. In allen diesen Fällen, wo nur mit einer zeitlich beschränkten Explosionsgefahr, sog. «Schwadengefährdung», gerechnet werden muss, ist die Forderung nach Anwendung von Material, welches den «Vorschriften für explosionssicheres Material» entspricht, wirtschaftlich nicht immer vertretbar. Es wurde daher versucht, durch Schaffung von «Regeln für schwadensicheres Material» denjenigen Industriekreisen entgegenzukommen, deren Betriebe nur durch kurzzeitig beschränkte «Schwaden» gefährdet sind.

Um Regeln für «schwadensicheres» Material aufstellen zu können, muss man darüber im klaren sein, was man unter Schwaden verstehen soll, bzw. wie man diese definieren will. Unter *Schwaden* sollen explosionsfähige Gas-Luft- oder Dampf-Luft-Gemische verstanden sein, die am gleichen Ort nur während 30 min vorhanden sind. Schwadensicheres Material ist somit Material, welches in einer Umgebung von explosiven Gas-Luft- oder Dampf-Luft-Gemischen während 30 min keine Explosion verursacht. Die Schwadensicherheit kann am einfachsten durch gasdichte Gehäuse erreicht werden.

Genau wie bei dem Vorschriftenentwurf für explosionssicheres Material handelt es sich bei dem Entwurf der Regeln für schwadensicheres Material um sicherheitstechnische Anforderungen an elektrisches Installationsmaterial und Apparate, und nicht um Anwendungsvorschriften. Der Entscheid,

ob ein Betrieb oder ein bestimmter Teil eines Betriebes als schwadengefährdet zu bezeichnen ist, fällt daher in die Kompetenz der zuständigen Aufsichtsorgane, die mit dem Arbeiterschutz betraut sind (Fabrikinspektorate, SUVA, kantonale Feuerpolizei) und die auch die Möglichkeit haben, die gesamte betriebstechnische Lage der betreffenden Unternehmung zu beurteilen.

Die Annahme des ungünstigsten Falles, d. h. der explosiven Gemische (Schwaden), gestattet nun bei Gehäusekonstruktionen ein neues Element, die Dichtung, zu verwenden. Über diese besteht oft die irrtümliche Meinung, dass damit eine Explosionssicherheit erreicht werden kann, indem die Apparate in ein gasdichtes Gehäuse eingeschlossen werden. Oft wird auch die Ansicht vertreten, dass die für nasse Umgebung bestimmten Apparate, welche nur wasserdicht sind, den geforderten Schutz gegen das Hineindiffundieren von Gasen gewähren. Leider ist dies meistens nicht der Fall, da Dichtungen, welche Gasdichtheit gewährleisten sollen, besonders sorgfältig konstruiert werden müssen. Prinzipiell wäre zwar eine solche Lösung denkbar, sie ist jedoch praktisch für explosionssicheres Material beinahe undurchführbar, da die Forderung nach einem unbeschränkt lange Zeit gasdicht bleibenden Verschluss von Gehäusen, welche dazu noch betriebsmässig vom Montagepersonal geöffnet werden müssen, nur schwer zu erfüllen wäre. Dabei dürfen die durch die Schwankung der Aussentemperatur, sowie die durch betriebsmässige Erwärmung bedingten Druckschwankungen nicht ausser acht gelassen werden. Aus diesem Grunde werden beim explosionssicheren Material keine Dichtungen als explosionsverhinderndes Element zugelassen.

Anders ist es nun beim schwadensicheren Material. Hier besteht die Gefährdung durch explosive Gemische nur während kurzer Zeit; eine Annahme, die durch die Definition der Schwadengefährdung gegeben ist. Die Anwendung von Dichtungen, die soweit gasdicht sind, dass im Innern der Gehäuse während der festgesetzten Zeit der Schwadengefährdung von max. 30 min die Explosionsgrenze nicht erreicht wird, ist deshalb möglich. Es besteht also die Möglichkeit, bei Material, bei welchem betriebsmässig Funken oder hohe Temperaturen auftreten, statt explosionssicheren Materials der Schutzart «druckfeste Kapselung» schwadensicheres Material zu verwenden. Die Ausführung von schwadensicherem Material dürfte in vielen Fällen leichter sein als diejenige für druckfeste Kapselung. Dies ist z. B. der Fall bei Leuchten, Schaltern usw., während bei grossen Gehäusen die Konstruktion von schwadensicheren Dichtungen, ähnlich wie die druckfeste Kapselung, einen ziemlichen Aufwand erfordert, trotz der Vereinfachung, dass die mechanische Festigkeit gegenüber dem Explosionsdruck beim schwadensicheren Material nicht berücksichtigt werden muss.

Die Dichtung bei schwadensicherem Material ist ein ausschlaggebendes Element, es muss daher ihrer Konstruktion besondere Sorgfalt gewidmet werden. Glatt bearbeitete Auflageflächen sollen in der Regel eine Breite von mindestens 4 mm aufweisen. Ferner muss dafür gesorgt werden, dass die Anpressung gleichmässig erfolgt, bei grossen Gehäusen muss daher eine genügende Anzahl Schrauben vorhanden sein, welche eine gleichmässige Pressung gewährleisten, ohne dass die Gefahr des Durchscherens des Dichtungsmaterials besteht. Das Dichtungsmaterial muss alterungsbeständig sein und darf weder spröde noch klebrig werden, und die Dichtung soll sich auch nach längerer Zeit unversehrt herausnehmen und wieder einsetzen lassen. Um die erwähnten Forderungen zu erfüllen muss auf die Gebrauchs- und Alterungsprüfung besonderes Gewicht gelegt werden, damit Gewähr besteht, dass eine Dichtung auch nach längerer Zeit die ihr gestellte Aufgabe erfüllt. Dichtungen, die nur für Feucht- und Nassmaterial konstruiert sind, genügen nicht immer den Forderungen der Gasdichtheit.

Für die Beurteilung der Güte einer Dichtung und damit als Grundlage für die Prüfung muss von der Annahme ausgegangen werden, dass während 30 min nur soviel Gas in das Gehäuse eindringen soll, dass die untere Explosionsgrenze noch nicht erreicht wird. Nimmt man für den ungünstigsten Fall das am schnellsten diffundierende Gas, nämlich Wasserstoff, mit einer unteren Explosionsgrenze von etwa 4 Vol% an und setzt voraus, dass sich das Gehäuse in einer Wasserstoffatmosphäre befindet, so wird die untere Explosionsgrenze eben erreicht, wenn in ein Gehäuse von 1 l Inhalt während einer halben Stunde 40 cm^3 Wasserstoff hineindiffundiert sind. Unter der angenäherten Annahme, dass bei üblichen Temperatur- und Druckverhältnissen 2 g oder 1 mol Wasserstoff ein Volumen von 25 l einnimmt, ergibt sich, dass mit einer Menge von 3,2 mg Wasserstoff in einem Gehäuse von 1 l Inhalt die untere Explosionsgrenze erreicht wird.

Für die praktische Ausführung der Prüfung ist Wasserstoff nicht geeignet, da seine quantitative Bestimmung in kleinen Mengen Schwierigkeiten bereitet. Zweckmässiger ist die Verwendung von Kohlendioxyd, welches sich leicht durch Absorption in Natronasbest bestimmen lässt und zudem ein grösseres spezifisches Gewicht hat, so dass der das zu prüfende Gehäuse umgebende Behälter sich zuverlässig mit dem Prüfgas füllen lässt. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass die Diffusionsgeschwindigkeit eines Gases umgekehrt proportional der Wurzel aus seinem Molekulargewicht ist. Für Wasserstoff mit dem Molekulargewicht 2 und Kohlendioxyd mit dem Molekulargewicht 44 ergibt sich, dass Wasserstoff $\sqrt{44/2} \approx 4{,}7$mal schneller als Kohlendioxyd diffundiert. Dem für die untere Explosionsgrenze von Wasserstoff massgebenden Anteil von 4 Vol% entspricht daher bei der Diffusion von Kohlendioxyd ein Anteil von $4 : 4{,}7 \approx 0{,}86$ Vol%. Da 44 g Kohlendioxyd (1 mol) ein Volumen von etwa 25 l einnehmen, entsprechen 0,86 Vol% einer Konzentration von 15 mg Kohlendioxyd pro l. Wenn also 15 mg Kohlendioxyd während einer halben Stunde in ein Gehäuse von 1 l Inhalt hineindiffundieren, so bedeutet das, dass im Falle von Wasserstoff die untere Explosionsgrenze gerade erreicht würde. Unter Berücksichtigung des Umstandes, dass die Dichtungen im Neuzustand geprüft werden und, dass die Wirksamkeit einer Dichtung stark von der Art des Zusammensetzens des Gehäuses abhängt

(grosse Streuung), ist die Anwendung eines Sicherheitsfaktors angezeigt. Aus diesen Gründen wurde die zulässige Menge von Kohlendioxyd auf 10 mg/l und die Dauer der Prüfung auf eine Stunde angesetzt.

Es gibt Gase, welche eine niedrigere untere Explosionsgrenze als Wasserstoff aufweisen. Diese haben aber ein höheres Molekulargewicht und diffundieren langsamer, wodurch sie mit der Annahme von Wasserstoff als Modellbeispiel ebenfalls erfasst werden.

Schwadensicheres Material stellt einen Sonderfall des explosionssicheren Materials dar und ist gegenüber diesem nur dadurch gekennzeichnet, dass schwadensichere Gehäuse mit Dichtungen verwendet werden dürfen. Die Anwendung dieses Materials muss von den zuständigen Behörden in jedem Einzelfall bewilligt werden. Sämtliche Bestimmungen für explosionssicheres Material betreffend Temperaturen, Kriechwege, Verriegelung spannungführender Teile usw., die sich nicht auf das schwadensichere Gehäuse beziehen, gelten daher sinngemäss auch für schwadensicheres Material.

Um Verwechslungen mit anderen Kurzzeichen (Ex-Material, schlagwettersicheres Material usw.) zu vermeiden, wurde für das schwadensichere Material die Bezeichnung sDi30 gewählt. Damit soll darauf hingewiesen werden, dass es sich hier um Material in Sonderausführung (*s*) handelt, welches während *30* min *Di*chtheit gegenüber auftretenden Schwaden gewährleistet.

Adresse des Autors:
Dr. sc. techn. *M. Zürcher*, Ingenieur-Chemiker, Materialprüfanstalt des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8.

Ableitung und praktische Auswertung der Zustandsgleichung für kurze Spannweiten mit Berücksichtigung der Abspannketten

Von *J. Hügi*, Luzern

621.315.1

Es wird eine Zustandsgleichung aufgestellt, die dem Einfluss der Abspannketten bei kurzen Spannweiten Rechnung trägt. Anhand eines Beispiels wird ferner die einfachste numerische Auflösung dieser Zustandsgleichung erläutert.

Une équation d'état, tenant compte de l'influence des chaînes d'arrêt en cas de portées courtes, est établie. La résolution numérique la plus simple de cette équation d'état est en outre démontrée à l'aide d'un exemple.

A. Einleitung

Der nachfolgenden Ableitung einer Zustandsgleichung für kurze Spannweiten mit verhältnismässig langen und schweren Abspannketten wie dies vor allem in Freiluftanlagen der Fall ist, liegen folgende vereinfachende Annahmen zugrunde:

1. Auf beiden Seiten des Seiles sind gleich lange und gleich schwere Abspannketten mit gleich hohen Aufhängepunkten angebracht.
2. Die Abspannketten werden als ideale Ketten betrachtet mit einer vom Temperatur- und Spannungszustand unabhängigen Länge.

Da die abzuleitende Zustandsgleichung vor allem für Freiluftanlagen gedacht ist, dürfte die erste Annahme fast ausnahmslos zutreffen. Die zweite Annahme stellt eine Idealisierung des wirklichen Sachverhaltes dar und ist somit fehlerbehaftet. In der praktischen Auswertung wird dieser Fehler aber so klein, dass die vereinfachende Annahme ohne weiteres verantwortet werden kann.

B. Ableitung der Zustandsgleichung

a) Änderung der Spannweite bei Lagenänderung der Abspannkette

Mit den Bezeichnungen der Fig. 1 wird für kleine Kettendurchhänge:

$$d = 2\sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 - s^2} = l\sqrt{1 - \left(\frac{2s}{l}\right)^2}$$

Durch die Entwicklung des Wurzelausdruckes in eine Potenzreihe ergibt sich daraus:

$$d = l - \frac{2s^2}{l}$$

und entsprechend

$$d_0 = l - \frac{2s_0^2}{l}$$

$$\frac{\Delta a}{2} = d_0 \cos u_0 - d \cos u$$

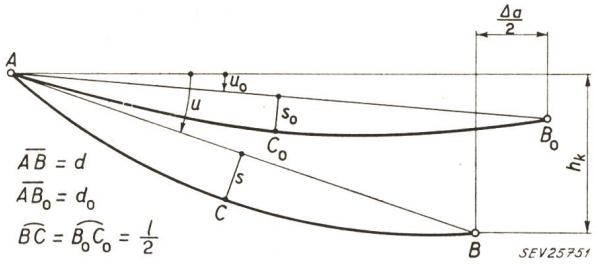

Fig. 1
Lagenänderung der Abspannkette bei Zustandsänderung des Leiterseiles
d, d_0 Sehnenlängen der Abspannkette bei verschiedenen Seilzuständen; l Kettenlänge; s, s_0 Pfeilhöhen der Kettenlinien; u, u_0 Neigungswinkel der Kettensehnen; h_k Höhendifferenz von Aufhängepunkt und Endpunkt der Abspannkette; Δa Änderung der Spannweite des Seiles

$$\Delta a = 2\,l(\cos u_0 - \cos u) + \frac{4}{l}(s^2 \cos u - s_0^2 \cos u_0) =$$

$$= -4\,l \sin\frac{u_0 + u}{2} \cdot \sin\frac{u_0 - u}{2} +$$

$$+ \frac{4}{l}(s^2 \cos u - s_0^2 \cos u_0)$$

Für kleine Winkel u und u_0 folgt:

$$\sin\frac{u_0 + u}{2} \approx \frac{u_0 + u}{2}; \quad \sin\frac{u_0 - u}{2} \approx \frac{u_0 - u}{2}$$

$$\cos u \approx 1; \quad \cos u_0 \approx 1$$