

Wurde der Explosionsschutz bisher richtig gesehen?

Prof. Dr.-Ing. Peter Schmidt

Der „Deutsche Ausschuß für explosionsgeschützte Anlagen“ beschränkt sich in der Vergangenheit und auch weiterhin auf den Explosionsschutz elektrischer Anlagen in Räumen, der in der Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen vom 15. August 1963 (BGBl. I S. 697, BGBl. I 1968 S. 109) und in ergänzenden Verwaltungsvorschriften geregelt wird.

Da jedoch bei explosiblen Atmosphären auch die Gefahr der Zündung durch andere als elektrische Zündquellen besteht, befaßte sich die Bundesarbeitsgemeinschaft der Versicherungsträger der öffentlichen Hand (BAGUV) und der berufsgenossenschaftliche Fachausschuß Chemie mit dem Gefahrenbereich, der nicht durch die vorgenannte Verordnung abgedeckt wird (vgl. Zeitschrift „Brandverhütung und Brandbekämpfung“ Nr. 3/1969). Diese Arbeitsergebnisse liegen nunmehr in einer vom Vorstand der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie beschlossenen „Richtlinie zur Vermeidung von Gefahren durch explosive Atmosphäre“ vor.

Bei der Bearbeitung dieser Richtlinie wurde zunächst nur davon ausgegangen, die bisherigen „Richtlinien für elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten mit Beispielsammlung“ auf nichtelektrische Betriebsmittel zu erweitern. Bei dem Versuch, für nichtelektrische Betriebs-

mittel Mindestanforderungen festzulegen, stieß man auf Schwierigkeiten. Es wurde daher angestrebt, zunächst – unabhängig von einem bestimmten nichtelektrischen Betriebsmittel – allgemeingültige Forderungen für den Explosionsschutz in explosionsgefährdeten Bereichen aufzustellen.

Der Arbeitskreis, der sich im Rahmen des Fachausschusses „Chemie“ gebildet hat, hielt es deshalb für erforderlich, bei der Ausweitung des Geltungsbereichs auf nichtelektrische Betriebsmittel auch die Beurteilungsgrundlagen so weit zu präzisieren und in den Richtlinien zu verankern, daß die Aufgabe auch im Sinne der Ex-Verordnung erfüllt werden kann. Diese Überlegungen führten ferner zu Vorschlägen für Schutzmaßnahmen, die eine Bildung gefährlicher explosibler Atmosphäre verhindern oder einschränken. Somit wurde es möglich, umfassende Explosionsschutz-Richtlinien zu schaffen.

In dem Bestreben, sich den internationalen Absprachen über die Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche anzuschließen, wurden diesbezügliche Begriffsbestimmungen und die sich daraus ergebenden Anforderungen übernommen, und zwar in möglichst enger Zusammenarbeit mit VDE 0165.

Wesentlicher Bestandteil der Richtlinien ist eine angefügte Beispielsammlung. Sie soll als Entscheidungshilfe bei der Beurteilung der Explosionsgefahr und der Auswahl der notwendigen Schutzmaßnahmen dienen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind noch nicht alle für die Beispielsammlung

vorgesehenen Beispiele beraten. Erst mit Hilfe einer genügenden Anzahl spezieller Beispiele wird eine sichere Anwendung dieser Richtlinien gewährleistet.

Ferner wird darauf hingewiesen, daß diese Richtlinie später durch einen Anhang ergänzt werden soll, in dem die sicherheitstechnischen Kennzahlen, die zur Beurteilung der Explosionsgefahr notwendig sind, definiert und erläutert werden.

Die folgenden Definitionen sind neu gefaßt:

1. **Explosibles Gemisch** (Oberbegriff) ist ein Gemisch von Gasen oder Dämpfen untereinander oder mit Nebeln oder Stäuben, in dem sich nach erfolgter Zündung eine Reaktion selbständig fortpflanzt.
2. **Explosibile Atmosphäre** umfaßt explosible Gemische von Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben mit Luft einschließlich üblicher Beimengungen (z. B. Feuchtigkeit) unter atmosphärischen Bedingungen.
3. **Gefährliche explosible Atmosphäre** ist explosible Atmosphäre in gefährdender Menge.

Als atmosphärische Bedingungen gelten hier Gesamtdrücke von 0,8 bis 1,1 bar und Gemischtemperaturen von -20°C bis $+60^{\circ}\text{C}$.

Eine Gemischmenge gilt als gefährdend, wenn im Falle ihrer Entzündung Personenschaden

durch direkte oder indirekte Einwirkung einer Explosion zu erwarten ist.

4. Explosionsgefährdete Bereiche sind Bereiche, in denen Explosionsgefahr herrscht, d. h., in denen auf Grund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse gefährliche explosive Atmosphäre auftreten kann.

5. Zonen: Explosionsgefährdete Bereiche werden nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosibler Atmosphäre in Zonen eingeteilt.

- 5.1. Für die Bereiche, die durch Gase, Dämpfe oder Nebel explosionsgefährdet sind, gilt:

Zone 0 umfaßt Bereiche, in denen gefährliche explosive Atmosphäre durch Gase, Dämpfe oder Nebel ständig oder langfristig vorhanden ist.

Zone 1 umfaßt Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, daß gefährliche explosive Atmosphäre durch Gase, Dämpfe oder Nebel gelegentlich auftritt.

Zone 2 umfaßt Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, daß gefährliche explosive Atmosphäre durch Gase, Dämpfe oder Nebel nur selten und dann auch nur kurzzeitig auftritt.

- 5.2. Für Bereiche, die durch brennbare Stäube explosionsgefährdet sind, gilt:

Zone 10 umfaßt Bereiche, in denen gefährliche explosive Atmosphäre durch Staub langfristig oder häufig vorhanden ist.

Zone 11 umfaßt Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, daß gelegentlich durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes gefährliche explosive Atmosphäre kurzzeitig auftritt.

- 5.3. Für medizinisch genutzte Räume treten an die Stelle der Zonen 0, 1 und 2 die Zonen G und M.

Die folgenden Überlegungen sind bereits bei der Planung vor Errichtung neuer bzw. vor Änderung bestehender Anlagen anzustellen. Hierbei sind nicht nur die normalen Betriebsbedingungen und die In- und Außerbetriebnahme der Anlage, sondern auch die evtl. technischen Störungen sowie menschliches Fehlverhalten zu berücksichtigen.

1. An erster Stelle ist zu prüfen, ob brennbare, feste, flüssige, gasförmige oder staubförmige Stoffe betriebsmäßig vorhanden sind oder unter den in Betracht zu ziehenden Betriebszuständen gebildet werden können.
2. Ist dies der Fall, muß festgestellt werden, ob nach Art des Auftretens

dieser brennbaren Stoffe überhaupt mit der Bildung explosibler Atmosphäre zu rechnen ist.

3. Sodann ist zu beurteilen, ob die zu erwartenden Mengen explosibler Atmosphäre auf Grund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse gefahrdrohend sind. Ist diese Voraussetzung erfüllt, sind Schutzmaßnahmen zu treffen.

4. Die Maßnahmen des Explosionsschutzes sind aufgeteilt in

a) Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosibler Atmosphäre verhindern oder einschränken (primärer Explosionsschutz)

b) Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosibler Atmosphäre verhindern

c) Maßnahmen, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken.

5. In der Regel ist den Maßnahmen nach a) sicherheitstechnisch Vorrang zu geben. Es ist deshalb zunächst zu überlegen, ob und wie weit diese Maßnahmen sinnvoll angewendet werden können. Führt diese Überlegung nicht zu einer befriedigenden Lösung, so sind nach sachkundigem Ermessen Maßnahmen nach b) und bzw. oder c) oder gegebenenfalls geeignete Kombinationen von Maßnahmen nach a), b) und c) anzuwenden. Für die Festlegung von Maßnahmen nach b) sind die explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen einzuteilen.

6. Nachbarräume, die über Öffnungen mit explosionsgefährdeten Bereichen in Verbindung stehen oder gebracht werden können, sind in diese Überlegungen einzubeziehen.

A. Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosibler Atmosphäre verhindern oder einschränken (primärer Explosionsschutz)

Der Begriff „Einschränkung“ kann räumliche, zeitliche und mengenmäßige Begrenzung umfassen.

Diese Explosionsschutzmaßnahmen werden aufgliedert in:

1. Vermeidung oder Einschränkung von Stoffen, die explosive Gemische zu bilden vermögen.
2. Verhinderung oder Einschränkung der Bildung explosibler Gemische innerhalb von Apparaturen.
3. Verhinderung oder Einschränkung der Bildung gefährlicher explosibler Atmosphäre in der Umgebung von Apparaturen.
4. Überwachung der Konzentration.

- Zu 1. Vermeidung oder Einschränkung von Stoffen, die explosive Gemische zu bilden vermögen.

An erster Stelle ist zu prüfen, ob brennbare Stoffe durch solche ersetzbar sind, die keine explosiblen Gemische zu bilden vermögen.

Als Beispiel:

Werden zu Kohlenwasserstoffen niedrigsiedende, nicht- oder schwerbrennbare Halogenkohlenwasserstoffe, Methylenchlorid zu Benzin als Lösemittel von Farben und Lacken, zugesetzt, kann der Flammpunkt dieser Mischung heraufgesetzt oder gar unterdrückt werden. Bei der Verdampfung des Gemisches kann allerdings in diesen Fällen der Anteil von Halogenkohlenwasserstoffen im Flüssigkeitsgemisch, z. B. beim Trocknen derartiger Farben und Lacke, so stark abnehmen, daß die später freiwerdenden Dämpfe wieder explosive Atmosphäre bilden. Bei derartigen Gemischen entfallen weitere Schutzmaßnahmen nur dann, wenn für den jeweiligen Anwendungsfall die Unbedenklichkeit festgestellt ist.

Dazu kommen noch

- a) Konzentrationsbegrenzung und
b) Inertisierung.

- Zu 2. Verhinderung oder Einschränkung der Bildung explosibler Gemische im Innern von Apparaturen

Läßt sich der Umgang mit Stoffen, die explosive Atmosphäre zu bilden vermögen, nicht vermeiden, so kann ein sehr hohes Sicherheitsniveau dadurch erreicht werden, daß die Bildung explosibler Gemische in gefahrdrohender Menge innerhalb der Apparatur durch Begrenzung der Menge bzw. der Konzentration oder durch Inertisierung verhindert oder eingeschränkt wird. Diese Maßnahmen sind in geeigneter Weise zu überwachen, sofern nicht die Einhaltung der unbedenklichen Konzentration durch die Verfahrensbedingungen sichergestellt ist.

- Zu 3. Verhinderung oder Einschränkung der Bildung gefährlicher explosibler Atmosphäre in der Umgebung von Apparaturen

Beim Ausströmen brennbarer Stoffe aus Öffnungen, undich-

ten Stellen usw. können sich außerhalb der Apparaturen gefährliche explosible Atmosphäre und bei Stäuben auch Ablagerungen bilden. Die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen sind geeignet, die Bildung gefährlicher explosibler Atmosphäre zu verhindern bzw. einzuschränken.

- a) verfahrenstechnische Maßnahmen, Bauart und räumliche Anordnung der Betriebsanlagen.

Schon bei der Planung einer Anlage zur Handhabung brennbarer Stoffe in großen Mengen muß angestrebt werden, daß sich die Stoffe stets in geschlossenen Apparaturen befinden.

- b) Konstruktion

bei der Konstruktion von Apparaturen für die Handhabung größerer Mengen an brennbaren Gasen, Flüssigkeiten und Stäuben sollen die Werkstoffe auch unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit ausgewählt werden. Zur Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosibler Atmosphäre außerhalb der Apparatur ist ein dichter Abschluß der Apparaturen auch an jenen Stellen anzustreben, an denen die Stoffe eingegeben oder entnommen werden.

Besondere Sorgfalt ist auf die Auswahl von Armaturen im Hinblick auf ihre sichere Funktion zu legen.

- c) Prüfung der Apparatur auf Dichtheit

Vor erster Inbetriebnahme sowie nach längeren Betriebsunterbrechungen, wesentlichen Änderungen und Reparatur- oder Umbauarbeiten größeren Ausmaßes muß die fertig montierte Betriebsanlage als Ganzes oder in Abschnitten auf Dichtheit geprüft werden.

- d) Lüftungsmaßnahmen

Durch Lüftungsmaßnahmen soll, soweit wie möglich, die Bildung gefährlicher explosibler Atmosphäre verhindert oder eingeschränkt werden. Auf Schutzmaßnahmen sekundärer Art kann verzichtet werden, wenn durch die Art der Luftführung gewährleistet ist, daß sich an keiner Stelle und zu keiner Zeit gefährliche explosible Atmosphäre bilden kann.

Zu 4. Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Apparaturen

Der Einsatz von Gaswarngeräten als Grundlage für die Einleitung von Maßnahmen des primären Explosionsschutzes ist möglich in Verbindung mit manueller oder automatischer Auslösung von Schutzmaßnahmen oder auch von Notfunktionen zur Stilllegung der Anlage.

Wesentliche Voraussetzungen für den Einsatz von Gaswarngeräten mit dem Ziel des Verzichts auf Maßnahmen sekundärer Art sind

1. genügende Kenntnis über die zu erwartenden Stoffe, die Lage ihrer Quellen, ihre maximale Quellenstärken und die Ausbreitungsbedingungen,
2. eine den Einsatzbedingungen angepaßte Funktionsfähigkeit der Geräte, insbesondere bezüglich Ansprechzeit, Ansprechwert und Empfindlichkeit gegenüber Störstoffen,
3. Sicherung der Gaswarnanlagen gegen den Ausfall einzelner Funktionsorgane, z. B. durch Parallelschaltung,
4. Möglichkeit, die zu erwartenden Gemische durch geeignete Wahl von Anzahl und Ort der Meßstellen ausreichend schnell und sicher zu erfassen (Meßstelle möglichst dicht an der Quelle),
5. Kenntnis des Bereiches, der bis zum Wirksamwerden der durch das Gerät auszulösenden Schutzmaßnahmen explosionsgefährdet wird. In diesem Nahbereich sind Schutzmaßnahmen sekundärer Art gegen die im Abschnitt B 3 unter 1-4 genannten Zündquellen erforderlich.
6. ausreichend sicheres Verhindern des Auftretens gefährlicher explosibler Atmosphäre außerhalb des Nahbereichs durch die auszulösenden Schutzmaßnahmen und Vermeidung anderweitiger Gefahren durch Fehlauflösung.

Die Gaswarngeräte müssen von einer von einem Träger der gesetzlichen Unfallversicherung anerkannten Prüfstelle auf Funktionsfähigkeit für den vorgesehenen Einsatzzweck einzeln oder als Baumuster geprüft worden sein. Die Funk-

tionsfähigkeit muß vom Hersteller durch ein auf dem Gerät angebrachtes Kennzeichen bestätigt sein. Die Geräte sind gemäß den Gebrauchsanleitungen regelmäßig zu warten und auf Anzeigefähigkeit mit Prüfgas zu testen.

Dazu gehören

- a) Gaswarnanlagen mit Alarmgabe
- b) Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Schutzmaßnahmen
- c) Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen

B. Maßnahmen, welche eine Entzündung gefährlicher Atmosphäre verhindern

1. Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche

Als Grundlage für die Beurteilung des Umfanges der Schutzmaßnahmen sind verbleibende explosionsgefährdete Bereiche nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosibler Atmosphäre nach den anfangs genannten Beispielen in Zonen zu unterteilen.

2. Umfang der Schutzmaßnahmen

Beim Einsatz von Betriebsmitteln sowie beim Betrieb von Anlagen innerhalb explosionsgefährdeter Bereiche ist unter Berücksichtigung von Abschnitt 3. zu prüfen, ob Zündgefahren auftreten können. Ist dies der Fall, ist anzustreben, die Zündquellen aus dem explosionsgefährdeten Bereich zu entfernen. Wenn dies nicht möglich ist, sind unter Beachtung der nachfolgenden Hinweise Schutzmaßnahmen durchzuführen.

Die Maßnahmen sollen Zündquellen völlig ausschalten oder die Wahrscheinlichkeit ihres Wirksamwerdens verringern. Der Umfang der Schutzmaßnahmen richtet sich nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosibler Atmosphäre. Bei der Festlegung des Umfanges der Schutzmaßnahmen ist daher in der Regel folgendes zu berücksichtigen:

In Bereichen, die durch Gase, Dämpfe oder Nebel explosionsgefährdet sind, sind

in Zone 2 betriebsmäßig zu erwartende Zündquellen, d. h. Zündquellen, die bei normalem störungsfreiem Betrieb auftreten können,

in Zone 1 neben den für Zone 2 genannten Zündquellen auch

Zündquellen durch Betriebsstörungen, mit denen man üblicherweise rechnen muß (häufiger auftretende Betriebsstörungen) und

in Zone 0 neben den für Zone 1 genannten Zündquellen sogar Zündquellen durch selten auftretende Betriebsstörungen zu vermeiden.

In den Bereichen, die durch Stäube explosionsgefährdet sind, sind

in Zone 11 zur Verhinderung der Entzündung von aufgewirbeltem Staub betriebsmäßig zu erwartende Zündquellen und zur Verhinderung der Entzündung abgelagerten Staubes auch Zündquellen durch selten auftretende Betriebsstörungen und

in Zone 10 zur Verhinderung der Entzündung von aufgewirbeltem Staub neben den für Zone 11 genannten Zündquellen sogar Zündquellen durch selten auftretende Betriebsstörungen zu vermeiden.

Für medizinisch genutzte Räume gelten

in Zone M die vorstehenden Aussagen für Zone 2,

in Zone G die vorstehenden Aussagen für Zone O.

Läßt sich die Wahrscheinlichkeit des Wirksamwerdens einer Zündquelle nicht abschätzen, ist die Zündquelle als dauernd wirksam zu betrachten.

Ist der Einsatz von Betriebsmitteln, die als Zündquelle wirksam werden können, erforderlich (z. B. Kraftfahrzeuge, Schweißgeräte, Meßgeräte), so ist dafür zu sorgen, daß während dieser Zeit explosive Atmosphäre in gefährlicher Menge nicht auftreten kann.

3. Zündquellenarten

Die Zündfähigkeit einiger der nachfolgend genannten Zündquellen ist noch nicht ausreichend bekannt. Dennoch wurde angestrebt, aufgrund theoretischer Abschätzungen wenigstens Grenzwerte anzugeben, bei deren Einhaltung man mit ausreichender Sicherheit eine Zündgefahr ausschließen kann. Diese Angaben sagen aber nicht aus, daß bei Nichteinhaltung dieser Grenzwerte explosive Atmosphäre in jedem Fall entzündet werden kann. Vielmehr ist in diesen Fällen festzulegen, ob und ggf. in welchem Umfang unter Berücksichtigung der jeweiligen Betriebsbedingungen Schutzmaßnahmen erforderlich sind.

Die Zündquellenarten im einzelnen sind:

1. Heiße Oberflächen
2. Flammen und heiße Gase
3. Mechanisch erzeugte Funken
4. Elektrische Anlagen
5. Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz
6. Statische Elektrizität
7. Blitzschlag
8. Elektromagnetische Wellen im Bereich der Frequenzen von 10^4 bis $3 \cdot 10^{12}$ Hz bzw. Wellenlängen von 30 km bis 0,1 mm (Hochfrequenz)
9. Elektromagnetische Wellen im Bereich der Frequenzen von $3 \cdot 10^{11}$ bis $3 \cdot 10^{15}$ Hz bzw.

Wellenlängen von 1000 μm bis 0,1 μm (Optischer Spektralbereich)

10. Ionisierende Strahlung
11. Ultraschall
12. Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase
13. Chemische Reaktionen

C. Auch konstruktive Maßnahmen, die die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken, sind ein wirksames Mittel des primären Ex-Schutzes.

Dazu gehören:

1. Explosionsdruckfeste Bauweise
2. Explosionsdruckentlastung
3. Explosionsunterdrückung
4. Flammendurchschlagsichere Einrichtungen

D. Zusammenfassung

Ging man bisher davon aus, den Explosionsschutz in erster Linie durch Folgemaßnahmen zu erreichen, jedoch explosive Atmosphäre zuzulassen, gehört es sich heute an erster Stelle zu prüfen, welche Maßnahmen das Risiko des Entstehens explosibler Atmosphäre verhindern oder zumindest vermindern. Dabei spielt der Begriff der „gefährdenden Menge“ eine entscheidende Rolle.

Außerdem wird heute im Zuge der Humanisierung der Arbeitsplätze auf die Einhaltung der Werte der maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen verstärkt geachtet. Sind die MAK-Werte eingehalten, dann ist in fast allen Fällen die untere Explosionsgrenze noch nicht erreicht.

Mit anderen Worten bedeutet das: Haben primäre Maßnahmen den Gesundheitsschutz hergestellt, so ist gleichzeitig weitestgehend die Gefahr durch Explosionen beseitigt.

Geräte zur Warnung vor explosibler Atmosphäre

— Probleme bei der Auswahl von geeigneten Gaswarngeräten —

Dr.-Ing. Wolfgang Wiechmann

Allgemeines

Brennbare Gase werden in der chemischen Industrie in oft beträchtlichen

Mitteilung aus der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) Berlin,
Dr.-Ing. Wolfgang Wiechmann

Mengen als Ausgangsstoffe für die Erzeugung zahlreicher Gebrauchs- und Verbrauchsgüter auf Kunststoffbasis eingesetzt. Daneben finden die gleichen Gase oder andere brennbare Gase als Energieträger eine ständig steigende Verwendung. Neben der von Verteilernetzen abhängigen Ver-

sorgung mit Stadt-, Spalt- oder Erdgas haben besonders Flüssiggase — Propan und Butan — infolge ihrer relativ einfachen Handhabungsmöglichkeit mittels transportabler Druckgasflaschen in vielen Bereichen der gewerblichen Wirtschaft sowie im Heim-, Freizeit- und Sportbereich die