

DIN EN 17624



ICS 13.230

Einsprüche bis 2020-12-23

Entwurf**Bestimmung der Explosionsgrenzen von Gasen und Dämpfen bei erhöhten Drücken, erhöhten Temperaturen oder mit Oxidationsmitteln, welche nicht aus Luft bestehen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 17624:2020**

Determination of explosion limits of gases and vapours at elevated pressures, elevated temperatures or with oxidizers other than air;
German and English version prEN 17624:2020

Détermination des limites d'explosivité des gaz et vapeurs à pression élevées, températures élevées ou d'oxydants autre que l'air;
Version allemande et anglaise prEN 17624:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-10-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nasg@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 41 Seiten

DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17624:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 305 „Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 095-02-09 AA „Kenngrößen für Stäube, Gase und Dämpfe“ im DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 10156:2017 siehe DIN EN ISO 10156:2017-12

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 10156:2017-12, *Gasflaschen — Gase und Gasgemische — Bestimmung der Brennbarkeit und des Oxidationsvermögens zur Auswahl von Ventilausgängen (ISO 10156:2017); Deutsche Fassung*
EN ISO 10156:2017

<i>Titel de:</i>	Bestimmung der Explosionsgrenzen von Gasen und Dämpfen bei erhöhten Drücken, erhöhten Temperaturen oder mit Oxidationsmitteln, welche nicht aus Luft bestehen
<i>Titel en:</i>	Determination of explosion limits of gases and vapours at elevated pressures, elevated temperatures or with oxidizers other than air
<i>Titel fr:</i>	Détermination des limites d'explosivité des gaz et vapeurs à pression élevées, températures élevées ou d'oxydants autre que l'air

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Prüfverfahren	6
4.1 Allgemeines	6
4.2 Reagenzien und Materialien	7
4.2.1 Probe	7
4.2.2 Oxidator	7
4.2.3 Inertgase	7
4.2.4 Dichtungen und Befestigungen	7
4.3 Prüfeinrichtung	8
4.3.1 Explosionsgefäß	8
4.3.2 Messsystem zur Einstellung des Anfangsdrucks und der -temperatur	8
4.3.3 Zündquelle	9
4.3.4 Vorrichtung zur Herstellung des Prüfgemisches	11
4.3.5 Temperaturregelsystem	12
4.3.6 Sicherheitseinrichtungen	12
4.4 Herstellen des Prüfgemisches	12
4.4.1 Allgemeines	12
4.4.2 Herstellen des Prüfgemisches	13
4.5 Vorgehensweise	13
4.6 Aufzeichnung der Ergebnisse	14
5 Verifizierung	15
6 Prüfbericht	15
Anhang A (normativ) Sicherheitsmaßnahmen	16
Anhang B (normativ) Verifizierung	17
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2006/42/EG	19
Literaturhinweise	20

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17624:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 305 „Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EG.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2006/42/EG siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Einleitung

Nach EN ISO 12100:2010 ist die vorliegende Norm eine Typ-B-Norm.

Der Anwendungsbereich der EG-Richtlinie 2014/34 (ATEX) umfasst explosionsfähige Atmosphären von Gemischen aus brennbaren Stoffen und Luft im Druckbereich zwischen 0,8 kPa und 1,1 kPa und im Temperaturbereich zwischen –20 °C und 60 °C (atmosphärische Bedingungen). Daher deckt der Anwendungsbereich der Normen, die sich mit der Bestimmung von sicherheitstechnischen Kenndaten befassen und für die die CEN einen Auftrag im Hinblick auf die EU-Richtlinie 2014/34 (ATEX) erteilt hat, im Allgemeinen nur solche Druck- und Temperaturbedingungen sowie Luft als einzigen Oxidator ab.

Die technischen Bedingungen in Anlagen usw. können erheblich vom Druck- und Temperaturbereich der ATEX-Richtlinien abweichen. Darüber hinaus ist das Auftreten explosiver Gemische aus brennbaren Stoffen und anderen Oxidatoren als Luft wahrscheinlich.

Sicherheitstechnische Kenndaten können jedoch in hohem Maße sowohl von Druck und Temperatur als auch vom Oxidator abhängen.

Die Gefährdung durch eine Explosion kann vermieden werden, indem die Bildung explosiver Gemische aus Gasen und/oder Dämpfen mit Oxidatoren verhindert wird. Dazu müssen die Explosionsgrenzen (auch als „Zündgrenzen“ bezeichnet) des brennbaren Stoffes bei den jeweiligen nicht-atmosphärischen Bedingungen bekannt sein.

Um zuverlässige und vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, ist die Normung der Bedingungen für die Bestimmung der Explosionsgrenzen bei nicht-atmosphärischen Bedingungen erforderlich.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Prüfverfahren zur Bestimmung der Explosionsgrenzen von Gasen, Dämpfen und deren Gemischen, gemischt mit einem gasförmigen Oxidator oder einem Oxidator-Inertgas-Gemisch, bei Drücken von 1 bar bis 100 bar und für Temperaturen bis 400 °C fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 10156:2017, *Gas cylinders — Gases and gas mixtures — Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

brennbarer Stoff

Stoff in Form von Gas, Dampf, oder Gemischen davon, der bei Entzündung eine explosive exotherme Reaktion mit einem Oxidator oder einem Oxidator-Inertgas-Gemisch eingehen kann

[QUELLE: EN 13237:2012, 3.37, modifiziert]

3.2

Explosionsbereich

Bereich der Konzentration eines brennbaren Stoffes oder Stoffgemisches in einem Oxidator, in dem eine Explosion auftreten kann, bestimmt nach vorgeschriebenen Versuchsbedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Explosionsgrenzen gehören nicht zum Explosionsbereich.

[QUELLE: EN 13237:2012, 3.22, modifiziert]

3.3

untere Explosionsgrenze

UEG

niedrigste Konzentration im Explosionsbereich

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Konzentrationen befinden sich in dem Bereich, in dem eine Explosion während der Prüfungen gerade noch nicht ausgelöst wird.

[QUELLE: EN 13237:2012, 3.19.1, modifiziert]

3.4 obere Explosionsgrenze *OEG*

höchste Konzentration im Explosionsbereich

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Konzentrationen befinden sich in dem Bereich, in dem eine Explosion während der Prüfungen gerade noch nicht ausgelöst wird.

[QUELLE: EN 13237:2012, 3.19.2, modifiziert]

3.5 Inertgas

Gas, das nicht mit der Prüfsubstanz oder dem Oxidator reagiert

3.6 Explosionskriterium

entweder einen Explosionsdruck p_{ex} relativ zum Anfangsdruck (p_i) wie folgt (unter Berücksichtigung des Überdrucks, der allein durch die Zündquelle erzeugt wird (p_{is})):

$$p_{\text{ex}}/p_i \geq (1,05 + p_{\text{is}}/p_i - 1) \text{ für Anfangsdrücke } p_i \leq 2)$$

$$p_{\text{ex}}/p_i \geq (1,02 + p_{\text{is}}/p_i - 1) \text{ (für Anfangsdrücke } p_i > 2)$$

oder ein Temperaturanstieg (ΔT) von mindestens 100 K

3.7 Oxidator

jedes oxidierende Gas mit Ausnahme hochreaktiver Oxidatoren, deren Oxidationspotenzial nach EN ISO 10156:2017 höher ist als das von Sauerstoff, z. B. Ozon, Fluor, fluorierte Verbindungen usw.

3.8 Probe

Stoff oder Stoffgemisch, für den/das Explosionsgrenzen bestimmt werden sollen

3.9 Prüfsubstanz

Probe im gasförmigen Aggregatzustand; bei flüssigen Proben nach deren vollständiger Verdampfung

3.10 Prüfgemisch

Gemisch aus Prüfsubstanz, und Luft oder Luft-/Inertgas

4 Prüfverfahren

4.1 Allgemeines

Die Bestimmung umfasst eine Reihe von Zündprüfungen, die mit Prüfgemischen durchgeführt werden, in denen der Anteil der Prüfsubstanz variiert wird.

Das ruhende Prüfgemisch im geschlossenen Explosionsgefäß wird einer Zündquelle ausgesetzt. Der Überdruck und der Temperaturanstieg als Folge des Zündvorgangs werden gemessen und kennzeichnen die Explosivität des Prüfgemisches. Die Menge der Prüfsubstanz im Prüfgemisch wird schrittweise variiert, bis die *UEG* bzw. die *OEG* bestimmt wird oder bis festgestellt wird, dass kein Explosionsbereich vorhanden ist.

Wenn nachgewiesen ist, dass sich ein bestimmtes Prüfgemisch nicht entzündet, wird empfohlen, die quantitative Zusammensetzung des aus dem Explosionsgefäß ausfließenden, nicht entzündeten

Prüfgemisches zu analysieren, um sicherzustellen, dass weder bei den Messgeräten noch aufgrund von Leckagen Fehler aufgetreten sind.

ANMERKUNG 1 Für organische Stoffe, die ausschließlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen (mit Ausnahme von Peroxiden), kann die Anfangszusammensetzung des Gemisches zur Bestimmung der *UEG* in Luft und Sauerstoff grob geschätzt werden. Für andere Oxidatoren steht derzeit kein Schätzungsverfahren zur Verfügung.

ANMERKUNG 2 Bei 20 °C beträgt die *UEG* in Luft in vielen Fällen etwa die Hälfte des Anteils der Prüfsubstanz an der stöchiometrischen Zusammensetzung **in Luft**. Bei 20 °C ist die *UEG* in Sauerstoff ähnlich wie die in Luft. Dabei muss die Temperaturabhängigkeit der *UEG* berücksichtigt werden. Bis 200 °C bzw. bis zu Temperaturen nahe der Selbstentzündungstemperatur sinkt die *UEG* in Luft und Sauerstoff mehr oder weniger linear bis zu 50 % des für 20 °C geschätzten Wertes.

ANMERKUNG 3 Gegenwärtig gibt es weder für Umgebungsbedingungen noch für Nicht-Umgebungsbedingungen ein Verfahren zur unmittelbaren Schätzung der OEG. Die OEG erhöht sich jedoch beträchtlich mit steigender Temperatur, steigendem Druck oder dem Oxidationspotenzial des Oxidators.

4.2 Reagenzien und Materialien

4.2.1 Probe

Bei der Probe handelt es sich entweder um einen einzelnen Stoff oder ein definiertes Stoffgemisch oder um eine Prozessprobe (von bekannter oder unbekannter Zusammensetzung).

Wenn ein einzelner Stoff oder ein bestimmtes Stoffgemisch eingesetzt wird, muss die Reinheit jedes Stoffes mindestens 99,8 % je Mol oder mehr betragen. Bei Stoffgemischen oder Prozessproben bekannter Zusammensetzung muss die Zusammensetzung (zusammen mit der Streuung) im Prüfbericht angegeben werden. Bei Prozessproben unbekannter Zusammensetzung muss die Probe möglichst genau beschrieben werden, z. B. anhand der Prozessbedingungen.

Probenbehälter müssen vor und nach der Probenahme verschlossen gehalten werden, um Veränderungen in der Zusammensetzung der Probe (z. B. Verlust flüchtiger Bestandteile aus Gemischen) zu vermeiden.

4.2.2 Oxidator

Der Oxidator muss frei von Wasser ($\leq 0,1$ % je Mol Wasserdampf absolut) und Öl ($\leq 0,1$ g/m³ Öl) sein.

Bei Verwendung von synthetischer Luft muss das im Prüfbericht angegeben werden.

4.2.3 Inertgase

Die Reinheit des Inertgases oder des Inertgasgemisches muss mindestens 99,8 % je Mol oder mehr betragen.

Bei Verwendung eines Inertgasgemisches muss dessen Zusammensetzung im Prüfbericht angegeben werden.

4.2.4 Dichtungen und Befestigungen

Bei mit Sauerstoff angereicherten Gemischen muss zwingend darauf geachtet werden, dass die Materialien der Dichtungen und Befestigungen nicht organischen Ursprungs sind und dass sie frei von Öl und Fett sind, um Unfälle zu vermeiden.

Besondere Vorsicht muss im Fall von ätzenden Oxidatoren oder ätzenden brennbaren Stoffen geboten sein.

4.3 Prüfeinrichtung

4.3.1 Explosionsgefäß

Das Explosionsgefäß muss eine Zylinder- oder Kugelform aufweisen. Bei Anwendung eines zylindrischen Gefäßes muss das Verhältnis von Länge zu Durchmesser zwischen 1,0 und 1,5 liegen. Das minimale Innenvolumen des Explosionsgefäßes hängt vom Anfangsdruck bei den Prüfungen ab und muss der folgenden Tabelle 1 entsprechen.

Tabelle 1 — Grundlegende Anforderungen an die Prüfeinrichtung

Anfangsdruck (p_i)	Minimales Innenvolumen des Explosionsgefäßes	Zündquelle
$1 \text{ bar} \leq p_i < 5 \text{ bar}$	10 dm ³	explodierender Draht
	5 dm ³	Induktionsfunken, Gleitfunken
$5 \text{ bar} \leq p_i < 50 \text{ bar}$	3 dm ³	Gleitfunken bis zu 25 bar, explodierender Draht
$p_i \geq 50 \text{ bar}$	1 dm ³	explodierender Draht

Das Explosionsgefäß und alle am Gefäß angebrachten Einrichtungen (Ventile, Zündquelle, Druck- und Temperaturfühler usw.) müssen so gestaltet sein, dass sie einem maximalen Überdruck von mindestens dem 15-fachen des Anfangsdrucks standhalten, wenn es sich bei dem Oxidator um Luft handelt. Bei Gemischen mit einem Oxidator, dessen Oxidationspotential nach EN ISO 10156:2017 höher ist als das von Luft, müssen das Explosionsgefäß und die Einrichtungen so gestaltet sein, dass sie einem maximalen Überdruck von mindestens dem 30-fachen des Anfangsdrucks standhalten.

Das Explosionsgefäß muss aus nicht rostendem Stahl oder einem anderen Werkstoff ohne jegliche katalytische Wirkung hergestellt sowie gegen die vom Ausgangsgasgemisch und den Verbrennungsprodukten ausgehende Korrosionswirkung beständig sein. Es muss geerdet werden.

Das Explosionsgefäß muss mit genügend Ein- und Auslässen versehen sein, um das Füllen, Evakuieren und Spülen zu ermöglichen.

Es muss mit einer Zündquelle, einem Temperatur- und Druckmesssystem zur Einstellung des Anfangsdrucks und der Anfangstemperatur und einem Temperatur- und Druckmesssystem zur Messung des erzeugten Temperaturanstiegs und des Überdrucks nach der Zündung ausgestattet sein.

4.3.2 Messsystem zur Einstellung des Anfangsdrucks und der -temperatur

4.3.2.1 Anfangsdruck

Das Druckmesssystem darf einen piezoresistiven Druckwandler enthalten. Wird das Prüfgemisch innerhalb des Explosionsgefäßes durch Partialdrücke unter Verwendung dieses Druckwandlers hergestellt, so muss es kalibriert werden. Es wird empfohlen, dieses Druckmesssystem zum Schutz während der Zündversuche über ein Ventil abzuschalten.

4.3.2.2 Anfangstemperatur

Das Temperaturmesssystem besteht aus einem Mantelthermoelement und einer Aufzeichnungseinrichtung. Das Thermoelement muss eine Grenzabweichung von höchstens 1,5 K aufweisen. Der Durchmesser des Thermoelements darf 1,5 mm nicht überschreiten. Es wird empfohlen, dass der Durchmesser dieses Thermoelements größer ist als der des Thermoelements, das zur Erfassung des Temperaturanstiegs

verwendet wird, da der Vergleich der Ausgangstemperatur mit beiden Temperaturmesssystemen auf einen Fehler des Temperaturmesssystems zur Messung des erzeugten Temperaturanstiegs hinweisen kann.

4.3.2.3 Explosionsüberdruckmesssystem

Das Druckmesssystem zur Erfassung des Überdrucks nach der Zündung muss einen piezoelektrischen oder piezoresistiven Druckwandler enthalten. Wenn das Kopfteil der Druckwandler nicht bündig mit der Innenwand abschließt, muss der maximale Abstand zwischen dem Kopfteil des Druckwandlers und der Innenfläche 100 mm betragen.

Die Druckwandler müssen eine Resonanzfrequenz von mehr als 30 kHz aufweisen.

Das Druckmesssystem muss eine Genauigkeit haben, die die Messung des Explosionsüberdrucks in Übereinstimmung mit dem Explosionskriterium (siehe 3.6) ermöglicht. Es muss eine Auflösung von mindestens 10^{-4} des gesamten Messbereichs aufweisen.

4.3.2.4 Messsystem zur Messung des Temperaturanstiegs

Das Temperaturmesssystem besteht aus einem Mantelthermoelement und einer Aufzeichnungseinrichtung. Das Thermoelement muss im Inneren des Explosionsgefäßes oberhalb der Zündquelle in einem Abstand von $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ von der Oberseite des Explosionsgefäßes angebracht sein. Sein Durchmesser muss 0,5 mm betragen.

Durch Vergleich der Anfangstemperatur mit beiden Temperaturmesssystemen kann jeder Fehler des Temperaturmesssystems bei der Messung des erzeugten Temperaturanstiegs erkannt werden.

4.3.3 Zündquelle

Die Zündquelle muss über dem unteren Ende des Explosionsgefäßes positioniert sein. Geeignete Arten von Zündquellen sind entweder eine Reihe von Induktionsfunken, ein Gleitfunken oder ein explodierender Draht. Im Prüfbericht muss die Art der verwendeten Zündquelle genannt werden.

4.3.3.1 Induktionsfunken

Diese Zündquelle darf für Anfangsdrücke bis zu 5 bar verwendet werden.

Als Zündquelle dient eine Folge von Induktionsfunken zwischen zwei Elektroden.

Die Elektroden müssen $(50 \pm 1) \text{ mm}$ über dem unteren Ende des Explosionsgefäßes enden.

Ein geeigneter Elektrodenwerkstoff ist nichtrostender Stahl. Die Elektroden müssen zugespitzt sein, und ihr Durchmesser darf höchstens 3,0 mm betragen. Der Spitzenwinkel muss $(60 \pm 3)^\circ$ betragen. Der Abstand zwischen den Spitzen muss $(5 \pm 0,1) \text{ mm}$ betragen. Die Elektroden müssen im Explosionsgefäß so angebracht sein, dass sie auch bei den höchsten während der Prüfung auftretenden Explosionsdrücken gasdicht bleiben. Die Befestigung muss hitzebeständig und beständig gegen das Prüfgemisch sein und einen angemessenen elektrischen Widerstand gegenüber dem Körper des Explosionsgefäßes bieten.

Für die Erzeugung der Induktionsfunken muss ein Hochspannungstransformator mit einer Effektivspannung von 13 kV bis 16 kV und einem Kurzschlussstrom von 20 mA bis 30 mA verwendet werden. Die Primärwicklung des Hochspannungstransformators muss über einen Zeitschalter an das Netz angeschlossen sein, der auf die erforderliche Funkenentladungsdauer eingestellt ist.

Die Funkenentladungsdauer muss auf 0,2 s eingestellt werden. Falls eine Funkenentladungsdauer von 0,2 s nicht zur Entzündung des Prüfgemisches führt, darf der Versuch mit einer Funkenentladungsdauer bis zu 0,5 s wiederholt werden.

Die von den Induktionsfunken freigesetzte Energie hängt vom Gasgemisch und dessen Druck ab. In Luft ergibt nach kalorimetrischen und elektrischen Messungen unter atmosphärischen Bedingungen eine derartige Anordnung eine Leistung von etwa 10 W.

Fluorierte Stoffe, z. B. SF₆, CF₄ usw., können Induktionsfunken unterdrücken. In solchen Fällen muss eine Zündquelle nach 4.3.3.2 oder 4.3.3.3 angewendet werden.

4.3.3.2 Gleitfunken

Diese Zündquelle darf für Anfangsdrücke bis zu 25 bar verwendet werden.

Als Zündquelle wird ein Lichtbogen verwendet, der erzeugt wird, indem eine elektrische Ladung entlang der geraden Länge eines Graphitstabes geführt wird, der zwischen zwei Metallstiften angebracht ist.

Die Metallstifte müssen (50 ± 1) mm über dem unteren Ende des Explosionsgefäßes enden.

Die zur Erzeugung des Lichtbogens erforderliche elektrische Leistung wird durch eine kapazitive Entladung oder einen Trenntransformator geliefert. Wenn der Lichtbogen durch kapazitive Entladung erzeugt wird, hängt die vom Lichtbogen abgegebene Zündenergie von der Kapazität und der Ladespannung ab.

Die zugeführte Energie muss zwischen 10 J und 20 J liegen, da es in diesem Bereich keinen nennenswerten Einfluss auf die Ergebnisse gibt. 10 J bis 20 J werden durch Anpassung der Kapazität auf etwa 220 µF und der Ladespannung auf etwa 440 V erreicht.

Ein geeigneter Werkstoff für die Haltestifte ist nichtrostender Stahl. Die Haltestifte mit einem Durchmesser zwischen 3,0 mm und 4,0 mm müssen parallel zueinander mit einem Abstand von (6 ± 1) mm angeordnet sein. Der Graphitstab mit einem Durchmesser von $(2 \pm 0,2)$ mm muss zwischen den Metallstiften an deren Enden befestigt sein. Die Elektroden müssen so im Explosionsgefäß angebracht sein, sodass sie auch bei den höchsten während der Prüfung auftretenden Explosionsdrücken gasdicht bleiben. Die Befestigung muss hitzebeständig, beständig gegen durch das Prüfgemisch und Verbrennungsprodukte Korrosion sein und einen angemessenen elektrischen Widerstand gegenüber dem Körper des Explosionsgefäßes bieten.

Die Kabel/Leitungen, die die Stromversorgung mit den Haltestiften verbinden, müssen einen Querschnitt zwischen 2,5 mm² und 7,0 mm² haben. Die Länge der Drähte muss weniger als 10 m betragen.

4.3.3.3 Explodierender Draht

Diese Zündquelle darf für Anfangsdrücke bis zu 100 bar verwendet werden (siehe Tabelle 1).

Es wird ein Lichtbogen erzeugt, indem eine elektrische Ladung entlang einer geraden Länge eines explodierenden Drahtes geführt wird, der zwischen zwei Metallstiften befestigt ist.

Die Metallstifte müssen (50 ± 1) mm über dem unteren Ende des Explosionsgefäßes enden.

Die elektrische Leistung, die zum Schmelzen des Drahtes und zur Erzeugung des Lichtbogens benötigt wird, wird von einem Trenntransformator oder einem Kondensator mit einem Induktor geliefert. Die vom Lichtbogen abgegebene Zündenergie hängt von seiner Dauer und von der Nennleistung des Trenntransformators bzw. von der Kapazität und Spannung des Kondensators ab. Die zugeführte Energie muss zwischen 10 J und 20 J liegen, da es in diesem Bereich keine nennenswerte Veränderung der Explosionsgrenzen gibt. Das wird durch Begrenzen der Leistungsabgabe des Trenntransformators auf 0,7 kW bis 3,5 kW und durch Phasenanschnitttechniken erreicht. Dabei handelt es sich um eine Unterbrechertechnik, durch die nur ein Teil der sekundärseitig vom Trenntransformator abgegebenen Wechselstromhalbwellen dazu verwendet wird, um den Draht zu schmelzen. Bei Verwendung eines Kondensators ist eine Kapazität von 470 µF und eine Ladespannung bis 450 V ausreichend. Der Induktor sollte eine Induktivität von etwa 5 mH und einen Kupferdraht mit einem Durchmesser größer oder gleich 2,0 mm haben. Die Zündenergie kann durch die Messung des Stroms und der Spannung des Lichtbogens

bestimmt werden. Die Spannung sollte direkt am Zünder gemessen werden und der Strom über einen Nebenwiderstand mit einer Abtastrate von mindestens 10 kHz. Falls erforderlich, kann die Energie durch Reduzierung der Ladespannung verringert werden.

Als Werkstoff für die Haltestifte eignen sich Messing und nichtrostender Stahl. Die Haltestifte müssen parallel angeordnet sein und einen Abstand von $(5,0 \pm 1,0)$ mm haben. Als Schmelzdraht dient ein Stück gerader Chrom-Nickel-Draht (Durchmesser 0,05 mm bis 0,2 mm), der an die Spitzen der Metallstifte hart angelötet ist. Die Elektroden müssen so im Explosionsgefäß angebracht sein, sodass sie auch bei den höchsten während der Prüfung auftretenden Explosionsdrücken gasdicht bleiben. Die Befestigung muss hitzebeständig, beständig gegen durch das Prüfgemisch und Verbrennungsprodukte Korrosion sein und einen angemessenen elektrischen Widerstand gegenüber dem Körper des Explosionsgefäßes bieten.

Um den erforderlichen Zeitaufwand für das Auswechseln des Schmelzdrahtes nach jedem Zündversuch zu verringern, können die Haltestifte in einen Adapter montiert werden, der in die Wandung des Explosionsgefäßes geschraubt wird.

Die Kabel/Leitungen, die den Trenntransformator mit den Haltestiften verbinden, müssen einen Querschnitt zwischen 2,5 mm² und 7,0 mm² haben. Die Kabel/Leitungen dürfen nicht länger als 5 m sein. Die Haltestifte müssen einen Durchmesser von 3,0 mm bis 4,0 mm haben.

4.3.4 Vorrichtung zur Herstellung des Prüfgemisches

Es wird empfohlen, das Prüfgemisch nach dem Partialdruckverfahren herzustellen.

Falls alle Komponenten der zu prüfenden Gemische gasförmig sind, kann dies innerhalb oder außerhalb des Explosionsgefäßes erfolgen.

In diesem Fall muss das für die Herstellung des Gemisches verwendet Gefäß ausgestattet sein mit:

- einer Vakuumpumpe und einem Vakuummessgerät;
- einem Druckmesssystem zur Messung der Partialdrücke;
- einem Mittel zum Homogenisieren des Prüfgemisches (z. B. Rührvorrichtung).

Das zur Messung der Partialdrücke verwendete Druckmesssystem muss eine Grenzabweichung aufweisen, die mindestens der Hälfte der in 4.5 genannten stufenweisen Änderung des Anteils der Prüfsubstanz entspricht. Insbesondere bei Verwendung von Anfangsdrücken über 25 bar wird empfohlen, das Gemisch außerhalb des Explosionsgefäßes unter einem Druck vorzubereiten, der niedriger als der erforderliche Anfangsdruck ist, und das Explosionsgefäß mithilfe eines Kompressors zu befüllen.

Für den Fall, dass die brennbaren Komponenten der zu prüfenden Gemische bei Umgebungsbedingungen flüssig sind, wird empfohlen, das entsprechende Gemisch im Inneren des Explosionsgefäßes herzustellen.

In diesem Fall muss das Explosionsgefäß ausgestattet sein mit:

- einer Vakuumpumpe und einem Vakuummessgerät;
- einem Druckmesssystem zur Messung der Partialdrücke;
- einem Messsystem, das in der Lage ist, die erforderliche Menge der Flüssigkeit in Bezug auf den Anfangsdruck zu messen (z. B. HPLC-Pumpe);
- einem Mittel zum Homogenisieren des Prüfgemisches (z. B. Rührvorrichtung).