

**Technische Regeln für Betriebssicherheit
TRBS 2152**

**Technische Regeln für Gefahrstoffe
TRGS 720**

**Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre
- Allgemeines -**

(Bundesanzeiger Nr. 103a vom 2. Juni 2006)

Vorbemerkung

Bei der nachfolgenden Technischen Regel handelt es sich um eine Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) und eine Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS).

Diese Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS 2152) gibt dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wieder. Sie wird vom Ausschuss für Betriebssicherheit ermittelt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht. Die Technische Regel konkretisiert die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der Verordnung schriftlich nachzuweisen.

Diese Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS 720) gibt dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder. Sie wird vom Ausschuss für Gefahrstoffe ermittelt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Bundesarbeitsblatt bekannt gemacht. Die Technische Regel konkretisiert die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Gefahrstoffverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der in der Gefahrstoffverordnung enthaltenen Anforderungen in der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung zu begründen.

Inhalt

1 Anwendungsbereich

2 Begriffsbestimmungen

2.1 Grundlegende Begriffsbestimmungen

2.2 Explosionsgefährdete Bereiche

2.3 Für die Beurteilung der Gefährdung und die Festlegung von Maßnahmen bedeutsame sicherheitstechnische Kenngrößen

3 Erkennen und Vermeiden von Explosionsgefährdungen

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Technische Regel gilt für die Beurteilung der Explosionsgefährdungen durch Stoffe, die gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden können und für die Auswahl und Durchführung geeigneter Schutzmaßnahmen.

(2) Diese Technische Regel gilt nicht für eine Beurteilung der Maßnahmen zum Vermeiden von Gefährdungen durch explosionsfähige Gemische unter anderen als atmosphärischen Bedingungen (erhöhter Druck, erhöhte Temperatur) oder mit anderem Reaktionspartner als Luft sowie Gefährdungen durch chemisch instabile Stoffe.

(3) Im Text dieser Technischen Regel hervorgehobene Hinweise beschreiben besondere Umstände, die der vertieften Behandlung durch den Arbeitgeber/Betreiber bedürfen. Im Text dieser Technischen Regel hervorgehobene Bemerkungen dienen der näheren Erläuterung eines Sachverhaltes.

2 Begriffsbestimmungen

2.1 Grundlegende Begriffsbestimmungen

(1) Brennbarer Stoff ist ein Stoff in Form von Gas, Dampf, Flüssigkeit, Feststoff oder Gemischen davon, der bei Entzündung eine exotherme Reaktion mit Luft eingehen kann.

(2) Normalbetrieb ist der Zustand, in dem die Arbeitsmittel oder Anlagen und deren Einrichtungen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt oder betrieben werden.

Bemerkung: Inspektion und Wartung sowie die Freisetzung geringer Mengen brennbarer Stoffe können zum Normalbetrieb gehören, z.B. die geringe Freisetzung von Stoffen

- aus Dichtungen, deren Wirkungen auf der Benetzung durch die geförderte Flüssigkeit beruht oder
- bei betriebsüblichen Störungen (z. B. Abrutschen eines Sackes von einer Füllereinrichtung).

Störungen (z.B. Versagen von Dichtungen, von Pumpen oder Flanschen oder die Freisetzung von Stoffen infolge von Unfällen), die z.B. Instandsetzung oder Abschaltung erfordern, werden nicht als Normalbetrieb angesehen.

(3) Explosionsfähiges Gemisch ist ein Gemisch aus brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben, in dem sich ein Verbrennungsvorgang nach erfolgter Zündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt.

(4) Explosionsfähige Atmosphäre ist ein Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen, in dem sich ein Verbrennungsvorgang nach erfolgter Entzündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt. Als atmosphärische Bedingungen im Sinne dieser Technischen Regel gelten Gesamtdrucke von 0,8 bar bis 1,1 bar und Gemischtemperaturen von – 20 °C bis + 60 °C.

Bemerkung: „Übertragung auf das gesamte unverbrannte Gemisch“ ist im Sinne einer selbstständigen Fortpflanzung der Reaktion zu verstehen.

(5) Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ist eine explosionsfähige Atmosphäre, die in einer solchen Menge (gefahrrohende Menge) auftritt, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung des Schutzes von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten oder Dritter erforderlich werden.

(6) Explosion im Sinne dieser Technischen Regel ist eine plötzliche Oxidationsreaktion mit Anstieg der Temperatur, des Druckes oder beidem gleichzeitig.

(7) Deflagration ist eine Explosion, die sich mit Unterschallgeschwindigkeit fortpflanzt.

(8) Detonation ist eine Explosion, die sich mit Überschallgeschwindigkeit fortpflanzt; sie ist gekennzeichnet durch eine Stoßwelle.

(9) Explosionsbereich ist der Bereich der Konzentration (Stoffmengenanteil) eines brennbaren Stoffes in Luft, in dem eine Explosion auftreten kann.

(10) Selbstentzündung einer Staubschüttung ist die Entzündung von Stäuben, die dadurch hervorgerufen wird, dass die Wärmeproduktionsgeschwindigkeit der Oxidations- oder Zersetzungsreaktion der Stäube größer ist als die Wärmeverlustgeschwindigkeit an die Umgebung.

(11) Hybrides Gemisch ist ein Gemisch von Luft mit brennbaren Stoffen in unterschiedlichen Aggregatzuständen. Beispiele für hybride Gemische sind Gemische aus Methan und Kohlenstaub mit Luft oder Gemische aus Benzindampf und Benzintröpfchen mit Luft.

2.2 Explosionsgefährdete Bereiche

(1) Explosionsgefährdeter Bereich ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. Ein Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre nicht in einer solchen Menge zu erwarten ist, dass besondere Schutzmaßnahmen erforderlich werden, gilt nicht als explosionsgefährdeter Bereich.

(2) Zoneneinteilung

Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen unterteilt. Diese Einteilung dient als Grundlage für die Festlegung von Maßnahmen, insbesondere zur Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre.

(3) Zone 0

Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Bemerkung: Der Begriff „häufig“ ist im Sinne von „zeitlich überwiegend“ zu verwenden.

(4) Zone 1

Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

(5) Zone 2

Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Bemerkung: Dies ist gleichbedeutend damit, dass gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nur selten und auch nur kurzzeitig auftritt.

(6) Zone 20

Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Bemerkung: Der Begriff „häufig“ ist im Sinne von „zeitlich überwiegend“ zu verwenden.

(7) Zone 21

Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub bilden kann.

(8) Zone 22

Bereich, in dem bei Normalbetrieb gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Bemerkung: Dies ist gleichbedeutend damit, dass gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nur selten und auch nur kurzzeitig auftritt.

(9) Schichten, Ablagerungen und Aufhäufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache, die zur Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre führen kann, zu berücksichtigen.

2.3 Für die Beurteilung der Gefährdung und die Festlegung von Maßnahmen bedeutsame sicherheitstechnische Kenngrößen

(1) Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der unter festgelegten Versuchsbedingungen eine Flüssigkeit, brennbares Gas oder brennbaren Dampf in solcher Menge abgibt, dass bei Kontakt mit einer wirksamen Zündquelle sofort eine Flamme auftritt.

(2) Explosionspunkte: Unterer Explosionspunkt (UEP) bzw. oberer Explosionspunkt (OEP) einer brennbaren Flüssigkeit ist die Temperatur, bei der die Konzentration (Stoffmengenanteil) des gesättigten Dampfes im Gemisch mit Luft die

untere bzw. obere Explosionsgrenze erreicht. Bei reinen Stoffen und azeotropen Gemischen lassen sich mit Hilfe der Explosionspunkte und der Dampfdruckkurve die Explosionsgrenzen bestimmen.

(3) Explosionsgrenzen sind Grenzen des Explosionsbereiches. Untere Explosionsgrenze (UEG) bzw. obere Explosionsgrenze (OEG) ist der untere bzw. obere Grenzwert der Konzentration (Stoffmengenanteil) eines brennbaren Stoffes in einem Gemisch von Gasen, Dämpfen, Nebeln und/oder Stäuben, in dem sich nach dem Zünden eine von der Zündquelle unabhängige Flamme gerade nicht mehr selbstständig fortpflanzen kann.

(4) Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK) ist die maximale Sauerstoffkonzentration (Stoffmengenanteil) in einem Gemisch eines brennbaren Stoffes mit Luft und inertem Gas oder Staub, in dem eine Explosion nicht auftritt; sie wird bestimmt unter festgelegten Versuchsbedingungen.

(5) Mindestzündenergie (MZE) ist die unter festgelegten Versuchsbedingungen ermittelte, kleinste in einem Kondensator gespeicherte elektrische Energie, die bei Entladung ausreicht, das zündwilligste Gemisch einer explosionsfähigen Atmosphäre zu entzünden.

(6) Zündtemperatur (eines brennbaren Gases oder einer brennbaren Flüssigkeit) ist die unter festgelegten Versuchsbedingungen ermittelte niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der die Entzündung eines brennbaren Stoffes als Gas/Luft- oder Dampf/Luft-Gemisch eintritt.

(7) Mindestzündtemperatur einer explosionsfähigen Atmosphäre ist die Zündtemperatur eines brennbaren Gases oder des Dampfes einer brennbaren Flüssigkeit oder einer Staubwolke; sie wird jeweils unter festgelegten Versuchsbedingungen bestimmt.

(8) Mindestzündtemperatur einer Staubschicht ist die unter festgelegten Versuchsbedingungen ermittelte niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der die Staubschicht entzündet wird.

(9) Mindestzündtemperatur einer Staubwolke ist die unter festgelegten Versuchsbedingungen ermittelte niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der sich das zündwilligste Gemisch des Staubes mit Luft entzündet.

(10) Glimmtemperatur ist die Mindestzündtemperatur einer Staubschicht von 5 mm Dicke.

(11) Schwelpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der ein Staub brennbare dampf- oder gasförmige Produkte („Schwelgas“) in solchen Mengen entwickelt, dass diese im Luftraum oberhalb der Schüttung durch eine kleine Flamme entzündet werden können.

(12) Explosionsdruck (p_{ex}) ist der unter festgelegten Versuchsbedingungen ermittelte Druck, der in einem geschlossenen Behälter bei der Explosion einer explosionsfähigen Atmosphäre mit bestimmter Zusammensetzung auftritt. Maximaler Explosionsdruck (p_{max}) ist der höchste ermittelte Explosionsdruck, der bei Änderung der Brennstoffanteile auftritt.

(13) Maximaler zeitlicher Druckanstieg $((dp/dt)_{max})$ ist der unter festgelegten Versuchsbedingungen bei Änderung der Brennstoffanteile ermittelte höchste zeitliche Druckanstieg in einem geschlossenen Behälter, der bei der Explosion einer explosionsfähigen Atmosphäre auftritt.

3 Erkennen und Vermeiden von Explosionsgefährdungen

(1) Im Rahmen seiner Verpflichtung nach § 5 ArbSchG hat der Arbeitgeber die Gefährdung seiner Beschäftigten durch Explosionen zu ermitteln, zu beurteilen und die notwendigen Schutzmaßnahmen abzuleiten. Dabei sind die folgenden Gesichtspunkte zu beachten:

1. Es 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. Siehe hierzu TRBS 2152 Teil 1/TRGS 721.
2. Wenn brennbare Stoffe betriebsmäßig vorhanden sind oder gebildet werden können, muss festgestellt werden, ob nach Art des Auftretens dieser brennbaren Stoffe überhaupt mit der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen ist. Siehe hierzu TRBS 2152 Teil 1/TRGS 721.
3. Es ist zu beurteilen, ob die zu erwartenden Mengen explosionsfähiger Atmosphäre auf Grund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse gefahrdrohend sind. Siehe hierzu TRBS 2152 Teil 1/TRGS 721.
4. Ist die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre möglich, sind die unter 5. und 7. aufgeführten Schutzmaßnahmen zu treffen.
5. Es sind bevorzugt Stoffe und Zubereitungen einzusetzen, die keine explosionsfähige Atmosphäre bilden können.

Ist dies nach dem Stand der Technik nicht möglich, ist die Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zu verhindern oder einzuschränken.

Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ist gefahrlos zu beseitigen, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist.

6. Kann gefährliche explosionsfähige Atmosphäre durch die unter 5. genannten Maßnahmen nicht sicher verhindert werden, hat der Arbeitgeber zu beurteilen:

- a) die Wahrscheinlichkeit und die Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre,
- b) die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins oder der Entstehung und des Wirksamwerdens von Zündquellen einschließlich elektrostatischer Entladungen und
- c) die zu erwartenden Auswirkungen von Explosionen; besondere örtliche Verhältnisse sowie das übliche Maß (siehe hierzu TRBS 2152 Teil 1 Anhang/TRGS 721 Anhang) über- oder unterschreitende Explosionsgefährdungen müssen berücksichtigt werden.

7. Aus der unter 6. genannten Beurteilung hat der Arbeitgeber die erforderlichen Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten abzuleiten:

- a) Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre). Siehe hierzu TRBS 2152 Teil 2/TRGS 722.
- b) Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (Vermeiden wirksamer Zündquellen, einschließlich elektrostatischer Entladungen).
- c) Maßnahmen, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (konstruktiver Explosionsschutz)..

In der Regel ist den Maßnahmen nach 7a) 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 7b) oder 7c) oder geeignete Kombinationen von Maßnahmen nach 7a), 7b) und 7c) anzuwenden. Für die Festlegung von Maßnahmen nach 7b) sind die explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen einzuteilen (siehe hierzu TRBS 2152 Teil 1/TRGS 721).

(2) Der Prozess der Entscheidung gemäß Absatz 1 ist in Bild 1 für den Fall der das übliche Maß nicht überschreitenden Auswirkungen einer Explosion in Form eines Abfrageschemas grafisch dargestellt.

(3) Die erforderlichen Explosionsschutzmaßnahmen müssen im Rahmen eines in sich widerspruchsfreien Explosionsschutzkonzeptes ausgewählt und bewertet werden. Die getroffenen Maßnahmen müssen im Explosionsschutzdokument festgehalten werden.

Bild 1: Abfrageschema zum Erkennen und Vermeiden von Explosionsgefährdungen

