

**DIN EN 15188**

ICS 13.230

**Bestimmung des Selbstentzündungsverhaltens von Staubschüttungen;  
Deutsche Fassung EN 15188:2007**

Determination of the spontaneous ignition behaviour of dust accumulations;  
German version EN 15188:2007

Détermination de l'aptitude à l'auto-inflammation des accumulations de poussières;  
Version allemande EN 15188:2007

Gesamtumfang 23 Seiten

Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) im DIN

## **Nationales Vorwort**

Diese Europäische Norm wurde von der Arbeitsgruppe 1 „Eigenschaften brennbarer Stoffe (Zündung, Flammenfortpflanzung, Explosionsauswirkungen)“ des CEN/TC 305 „Explosionsfähige Atmosphären — Explosionsschutz“ (Sekretariat: Deutschland) erarbeitet.

Für Deutschland war der Arbeitsausschuss NA 095-02-04 AA „Stäube (Kenngrößen)“ des Normenausschusses Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. an der Bearbeitung beteiligt.

**Deutsche Fassung**

**Bestimmung des Selbstentzündungsverhaltens von  
Staubschüttungen**

Determination of the spontaneous ignition behaviour of dust  
accumulations

Détermination de l'aptitude à l'auto-inflammation des  
accumulations de poussières

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 13. Juli 2007 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

**Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel**

# Inhalt

|                                                                                                                                                                                                                      | Seite     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Vorwort .....</b>                                                                                                                                                                                                 | <b>3</b>  |
| <b>Einleitung.....</b>                                                                                                                                                                                               | <b>4</b>  |
| <b>1 Anwendungsbereich .....</b>                                                                                                                                                                                     | <b>5</b>  |
| <b>2 Begriffe .....</b>                                                                                                                                                                                              | <b>5</b>  |
| <b>3 Untersuchungsapparatur.....</b>                                                                                                                                                                                 | <b>6</b>  |
| <b>4 Vorbereitung der Staubproben.....</b>                                                                                                                                                                           | <b>6</b>  |
| <b>5 Untersuchungsverfahren .....</b>                                                                                                                                                                                | <b>8</b>  |
| <b>6 Untersuchungsbericht .....</b>                                                                                                                                                                                  | <b>11</b> |
| <b>Anhang A (informativ) Auswertung der experimentellen Ergebnisse von<br/>Selbstentzündungstemperaturen.....</b>                                                                                                    | <b>13</b> |
| <b>Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den<br/>grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 94/9/EG .....</b>                                                                 | <b>20</b> |
| <b>Literaturhinweise .....</b>                                                                                                                                                                                       | <b>21</b> |
| <br><b>Bilder</b>                                                                                                                                                                                                    |           |
| <b>Bild 1 — Vorgeschlagerener Versuchsaufbau für Warmlagerungsuntersuchungen .....</b>                                                                                                                               | <b>7</b>  |
| <b>Bild 2 — Idealisierte Temperaturverläufe über die Zeit in Staubproben des gleichen Volumens bei<br/>Warmlagerungstemperaturen <math>\vartheta_A</math> bis <math>\vartheta_C</math>.....</b>                      | <b>8</b>  |
| <b>Bild 3 — Pseudo-Arrhenius-Diagramm der Selbstentzündungstemperaturen .....</b>                                                                                                                                    | <b>10</b> |
| <b>Bild 4 — Abhängigkeit der Brand-Induktionszeiten <math>t_i</math> vom Volumen/Oberflächen-Verhältnis der<br/>Staubschüttungen .....</b>                                                                           | <b>11</b> |
| <b>Bild A.1 — Arrhenius-Diagramm von Selbstentzündungstemperaturen – Frank-Kamenetzki-<br/>Bedingung (<math>Bi = \infty</math>) .....</b>                                                                            | <b>15</b> |
| <b>Bild A.2 — Selbstentzündungsverhalten von Korkstaub – Vergleich von experimentellen und<br/>berechneten Temperatur/Zeit-Kurven für ein Volumen von 100 cm<sup>3</sup> (Zylinder mit <math>d = h</math>) .....</b> | <b>18</b> |
| <b>Bild A.3 — Vergleich von experimentell ermittelten und berechneten (Methode der finiten<br/>Elemente) Selbstentzündungstemperaturen für fünf unterschiedliche Stäube .....</b>                                    | <b>19</b> |
| <br><b>Tabellen</b>                                                                                                                                                                                                  |           |
| <b>Tabelle A.1 — Kritischer Frank-Kamenetzki-Parameter <math>\delta_{cr}</math> verschiedener, einfacher<br/>geometrischer Formen.....</b>                                                                           | <b>14</b> |
| <b>Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und der Richtlinie 94/9/EG .....</b>                                                                                                                | <b>20</b> |

## Vorwort

Dieses Dokument (EN 15188:2007) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 305 „Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2008, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2008 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EG-Richtlinie 94/9/EG.

Zum Zusammenhang mit der EG-Richtlinie 94/9/EG siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

## Einleitung

Das Selbstentzündungsverhalten brennbarer Stäube hängt sowohl von deren chemischer Zusammensetzung als auch von den dazu in Beziehung stehenden Stoffeigenschaften ab. Es hängt außerdem von der Größe und der Geometrie der Schüttung sowie von der Umgebungstemperatur ab.

Der Grund für die Selbsterhitzung (oder möglicherweise die Selbstentzündung) ist, dass – schon bei gewöhnlichen Temperaturen – die Oberflächenmoleküle brennbarer Staubpartikeln exotherme Reaktionen mit dem Luftsauerstoff eingehen, der sich in den Hohlräumen zwischen den Partikeln befindet. Die dabei freigesetzte Wärme wird einen Temperaturanstieg des reaktionsfähigen Staub/Luft-Systems bewirken. Dadurch wird die Reaktion von weiteren Staubmolekülen mit Sauerstoff beschleunigt usw. Die Wärmebilanz zwischen der im Innern der Schüttung produzierten Wärme (bestimmt von der Anzahl an reaktionsfähigen Oberflächenmolekülen und deren Oberfläche sowie von der spezifischen Wärmeproduktionsrate) und dem Wärmeverlust an die Umgebung (bestimmt von der Wärmeleitfähigkeit und der Größe der Schüttung, vom Wärmeübergangskoeffizienten an deren äußerer Oberfläche und von der Größe dieser Oberfläche) entscheidet darüber, ob ein stationärer Temperaturzustand bei leicht höherem Temperaturniveau erreicht wird (die Rate der Wärmeverluste ist dann größer als die Rate der produzierten Wärmemengen) oder ob die Temperaturen in der Schüttung weiter bis zur Selbstentzündung des Staubes ansteigen (in diesem Fall ist die Rate der Wärmeentwicklung dann größer als die Rate der Wärmeverluste).

Die experimentelle Grundlage für die Beschreibung des Selbstentzündungsverhaltens eines gegebenen Staubes ist die Bestimmung der Selbstentzündungstemperaturen ( $T_{SE}$ ) unterschiedlich großer Schüttvolumina des Staubes durch isoperibole Warmlagerungsexperimente (Lagerung bei konstanten Ofentemperaturen) in kommerziell erhältlichen Öfen. Die auf diese Weise erhaltenen Ergebnisse geben die Abhängigkeit der Selbstentzündungstemperaturen vom Staubvolumen wieder.

Durch Auftragen der Logarithmen der Volumen/Oberflächen-Verhältnisse ( $\lg V/A$ ) unterschiedlich großer Staubschüttungen gegen die Kehrwerte der zugehörigen Selbstentzündungstemperaturen [ $1/T_{SE}$ , in  $K^{-1}$ ] oder durch Anwendung anderer Auswertungsverfahren – die in Anhang A beschrieben sind – werden Geraden erhalten, die eine Interpolation zur Beschreibung des Selbstentzündungsverhaltens unterschiedlich großer und unterschiedlich geformter Staubschüttungen ermöglichen (siehe 5.1). Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Streubreite der Steigungen solcher Geraden ziemlich groß ist, wenn sie in verschiedenen Laboratorien mit unterschiedlich gebauten Öfen bestimmt wurden. Das ist der Grund, warum die Übertragung solcher Ergebnisse in den industriellen Maßstab zu nicht zu vernachlässigenden Fehlern der Selbstentzündungstemperaturen  $T_{SE}$  führt.

Die Erfahrung zeigt, es scheint erforderlich zu sein, den Einbau einer einheitlichen Innenkammer – welche die Staubproben und Thermoelemente umschließt – in den Ofen vorzuschreiben, unter Anwendung eines ebenfalls vorgeschriebenen Luftstroms, der durch diese Kammer fließen soll. Auf diese Weise sollte sich die Streuung der Ergebnisse verringern lassen. Entscheidungen über die Ausführung dieser Innenkammer und die Durchflussmenge der hindurchströmenden Luft bzw. über andere Prüfanordnungen, die zu vergleichbaren Ergebnissen führen, müssen später getroffen werden.

Wenn auf Basis geeigneter thermoanalytischer Messverfahren (adiabate, isotherme oder dynamische Experimente) ein verlässliches formalkinetisches Modell abgeleitet werden kann, das die Wärmeproduktion der Substanz als Funktion der Temperatur beschreibt, kann die Volumenabhängigkeit der Selbstentzündungstemperatur nach den im Anhang A beschriebenen Verfahren berechnet werden.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Prüf- und Auswerteverfahren zur Bestimmung der Selbstentzündungstemperaturen  $T_{SE}$  brennbarer Stäube oder Schüttgüter als Funktion des Schüttvolumens fest. Das geschieht durch Warmlagerungsuntersuchungen in Öfen bei konstanter Ofentemperatur. Das festgelegte Prüfverfahren ist auf alle festen Stoffe anwendbar, für die der  $\lg(V/A)$  und der Kehrwert der Selbstentzündungstemperatur  $1/T_{SE}$  ( $T_{SE}$  in K) linear korreliert sind (d. h., es ist nicht nur auf oxidativ instabile Stoffe beschränkt).

Diese Europäische Norm gilt nicht für die Entzündung von Staubablagerungen oder Feststoffansammlungen unter belüfteten Bedingungen (wie z. B. in einem Fließbett-Trockner).

Diese Europäische Norm sollt nicht an Stäuben von Sprengstoffen, die keinen atmosphärischen Sauerstoff zur Verbrennung benötigen, und auch nicht an pyrophoren Stoffen angewendet werden.

**ANMERKUNG** Aus genehmigungsrechtlichen und sicherheitstechnischen Gründen fallen „Sprengstoffe“ im Sinne des Sprengstoffgesetzes nicht in den Anwendungsbereich dieser Europäischen Norm. Trotzdem fallen thermisch instabile Stoffe, die bei der Zersetzung ein Verhalten zeigen, das einer Selbstentzündung sehr ähnelt, in den Anwendungsbereich dieser Norm, sofern sie keine „Sprengstoffe“ im Sinne des Sprengstoffgesetzes sind. Falls es zweifelhaft ist, ob der Staub ein Sprengstoff ist oder nicht, sollten Fachleute zu Rate gezogen werden.

## 2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

### 2.1

#### **Selbstentzündungstemperatur**

$T_{SE}$

höchste Temperatur, bei der ein gegebenes Staubvolumen gerade noch nicht entzündet wird

**ANMERKUNG** Die Selbstentzündungstemperatur wird in °C angegeben.

### 2.2

#### **Ofentemperatur**

arithmetischer Mittelwert der Messwerte von zwei Thermoelementen, die beide frei in einem Ofen in halbem Abstand zwischen der Wand und der Staubprobe eingebaut sind

**ANMERKUNG** Die Ofentemperatur wird in °C angegeben.

### 2.3

#### **Probentemperatur**

Temperatur, die in der Mitte der Staubprobe mit einem Thermoelement gemessen wird

**ANMERKUNG** Die Probentemperatur wird in °C angegeben.

### 2.4

#### **Induktionszeit**

zeitlicher Abstand zwischen dem Erreichen der Lagerungstemperatur und einer Entzündung

**ANMERKUNG** Die Induktionszeit wird in h angegeben.

### 2.5

#### **Entzündung**

Auslösung einer Verbrennung

[EN 13478:2001, 3.20]