BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Fachbereich 2.2 "Reaktionsfähige Stoffe und Stoffsysteme"

Abschlussbericht

Festlegung relevanter sicherheitstechnischer Kenngrößen von Stäuben

für den Explosionsschutz

und

Erarbeitung der zugehörigen Bandbreiten

auf der Grundlage vorhandener Daten zur Aufnahme in den GSBL

Autor:	Dr. Thilo Böhme
Weitere Autoren:	Michael Bulin, Dr. Marc Scheid, Dr. Martin Schmidt, Alexander Seifert
Abschließende Bearbeitung:	Dr. Klaus-Dieter Wehrstedt Leiter des Fachbereichs 2.2 klaus-dieter.wehrstedt@bam.de

Version:	1.1
Stand:	08.06.2012
Projekt:	BAM-Vorhaben (Vh) 2520
Leitung:	Dr. Klaus-Dieter Wehrstedt

Impressum

Abschlussbericht
Festlegung relevanter sicherheitstechnischer Kenngrößen
von Stäuben für den Explosionsschutz und Erarbeitung
der zugehörigen Bandbreiten auf der Grundlage
vorhandener Daten zur Aufnahme in den GSBL

Herausgeber:
BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Unter den Eichen 87
12205 Berlin
Telefon: +49 30 8104-0
Telefax: +49 30 8112029
Internet: www.bam.de

Copyright © 2012 by
BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

ISBN-Nr. 978-3-9815134-0-0

Vorbemerkung

Der Inhalt des Abschlussberichts zum F&E-Vorhaben des GSBL (BAM Vh 2520) deckt sich weitestgehend mit dem des zweiten Zwischenberichts vom 26.05.2011.

Der erste Zwischenbericht vom 15.04.2010 präsentierte eine vorläufige Version der Ergebnisse. Diese wurden im Verlaufe des Vorhabens überarbeitet und präzisiert. Inhalt und Aussagen des ersten Zwischenberichts besitzen daher keine Gültigkeit mehr.

Gegenüber dem zweiten Zwischenbericht enthält dieser Abschlussbericht folgende zusätzliche Informationen:

- Vollständige Liste der Staubgruppen, die im Zuge des F&E-Vorhabens gebildet wurden und zu denen der GSBL Daten erhält (für Liste der Staubgruppen siehe Abschnitt 5.6.1),
- Angaben darüber, wie viele Stäube der zugrunde liegenden Datenbasis in den gebildeten Staubgruppen konkret berücksichtigt wurden (siehe Abschnitt 5.6.1; für Datenbasis siehe Abschnitt 4).

Berlin, April 2012

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 7

2 Grundlagen des Projekts 9

2.1 Relevante Dokumente 9

2.2 Mitarbeiter des Projekts 9

2.3 Mitglieder des GSBL-Begleitkreises 10

3 Motivation und Zielsetzung 11

3.1 Verwendung sicherheitstechnischer Kenngrößen von Stäuben 11

3.2 Ausgangspunkt des Projekts und Projektlaufzeit 11

3.3 Besonderheit von Stäuben 11

3.3.1 Sicherheitstechnische Kenngrößen 11

3.3.2 Einflussgrößen 12

3.3.3 Konsequenzen für die Praxis 13

3.4 Zielsetzung für das Projekt 13

3.5 Konzept der Staubgruppen und Bandbreiten 14

3.5.1 Allgemein 14

3.5.2 Bandbreiten und Ranking 15

4 Datenbasis der Auswertung 17

4.1 Quelle der Daten und Umfang des Datenmaterials 17

4.2 Herkunft der Stäube, Qualität der Daten 18

4.3 Staubfraktionen durch Absiebung 18

5 Ergebnisse 19

5.1 Sicherheitstechnische Kenngrößen der Stäube für den GSBL 19

5.2 Definitionen der sicherheitstechnischen Kenngrößen 19

5.3 GSBL-Datenstruktur zur Abbildung der Bandbreiten von Staubgruppen 20

5.4 Erklärungstexte für die Felder der neuen GSBL-Merkmale 20

5.5 Richtlinien der Datenauswertung zur Erarbeitung von Bandbreiten 21

5.6 Staubdaten für den GSBL 21

5.6.1 Liste der erstellten Staubgruppen 21

5.6.2 Wichtige Information zur Interpretation der Bandbreiten 25
5.6.2.1 Bandbreiten 25
5.6.2.2 Ranking-Angaben 25
5.6.3 Qualitätssicherung 26
5.6.4 Ausblick 26
5.7 Erfassungsrichtlinien 27
5.8 Vorträge/Veröffentlichungen im Rahmen des Projekts 27

Anhänge A bis F

Anhang A Definitionen der sicherheitstechnischen Kenngrößen **29**

Anhang B GSBL-Datenstruktur **59**

Anhang C Erklärungstexte für die Datenfelder **65**

Anhang D Richtlinien der Datenauswertung zur Erarbeitung von Bandbreiten **81**

Anhang E SSF-Beisspieldatensatz/Erfassungsformular **95**

Anhang F Erfassungsrichtlinien **113**

1 Einleitung

Ziel des F&E-Vorhabens des GSBL (BAM Vh 2520) war die Erarbeitung von Datensätzen[1] auf der Grundlage bereits bestehender Staubdaten (für Datenbasis siehe Abschnitt 4) und die Übergabe der erarbeiteten Datensätze in elektronischer Form an den GSBL bis spätestens **31.05.2011**. Der entsprechende Forschungs- und Entwicklungsvertrag trat am **01.08.2009** in Kraft.

Für die Erarbeitung der Datensätze mussten neuartige Konzepte entwickelt werden (siehe Abschnitt 3.5; Abschnitt 3.3 gibt eine Einführung in das Staub-Fachgebiet und behandelt die Besonderheit von Stäuben). Aufgrund von Schwierigkeiten bei der Auswertung und bei der Zusammenstellung der Daten, die erst im Verlaufe des Projekts erkannt wurden, hat es beträchtliche Verzögerungen bei der Erstellung der Datensätze gegeben. Dies führte zu der Feststellung, dass eine Laufzeitverlängerung des Projekts notwendig war. Im Mai 2011 wurde daher ein entsprechender Antrag beim Auftraggeber gestellt. Der Antrag auf kostenneutrale Laufzeitverlängerung führte schließlich zu einer Änderung des ursprünglichen Forschungs- und Entwicklungsvertrags. Der Änderungsvertrag sah eine **Verlängerung** des Projekts bis zum **30.04.2012** vor.

Um die Datensätze im GSBL abbilden zu können, war es auch erforderlich, eine adäquate Datenstruktur zu entwerfen und diese im GSBL zu implementieren. Die Bekanntgabe der zur Abbildung der Datensätze notwendigen Struktur erfolgte am 11.01.2011 per E-Mail (EXCEL-Datei gsbldbdir3_23_0029)[2]. Veränderungen bzw. Präzisierungen dieser Datenstruktur wurden dem GSBL am 19.01.2011 und am 28.01.2011 mitgeteilt, ebenfalls per E-Mail[3]. Am 19.10.2011 erfolgte eine weitere Änderung, die die sogenannte Nachschlagetabelle betrifft: Der Textinhalt der Tabelle T_STAUBM lautet nun "Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten-Team." (ursprünglicher Wortlaut: "Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten"). Die Änderung geht auf einen Wunsch des GSBL-Begleitkreises zurück, der am 07.10.2011 auf der in der BAM stattgefundenen Besprechung vorgebracht wurde.

Letzte Änderungen in der Datenstruktur sind:

- Ein neuer Stoffklassentyp (Merkmal: SKL.SKTYP) "Staubgruppe" wird angelegt. Dieser neue Stoffklassentyp soll das gezielte Suchen und Auffinden von Staubgruppen in der GSBL-Recherche erleichtern.
- Für die Staubexplosionsklasse (Merkmal: STEXKL) wird die Tabelle T_STAUBEKL in der Datenstruktur hinterlegt.
- Die möglichen Brennzahlen (Merkmal: STBZ) werden in der Tabelle T_STAUBZ hinterlegt.

---

[1] Die Datensätze beinhalten ***Bandbreiten*** bestimmter sicherheitstechnischer Kenngrößen (z. B. Zündtemperatur, Mindestzündenergie, maximaler Explosionsdruck), die sich auf Staub***gruppen*** beziehen. Jede Staubgruppe besteht aus mehreren *Einzel*stäuben, die ihrerseits durch *konkrete Werte* der sicherheitstechnischen Kenngrößen charakterisiert sind.

[2] Empfänger der E-Mail waren Dr. Thomas Krämer (UBA), Dr. Barbara Liebscher (UBA), Rainer Mütterlein (LfULG).

[3] Empfänger der E-Mail am 19.01.2011 waren Dr. Thomas Krämer (UBA), CC: Rainer Mütterlein (LfULG); Empfänger der E-Mail am 28.01.2011 waren Rainer Mütterlein, CC: Dr. Thomas Krämer.

Diese Änderungen wurden, gemeinsam mit dem Auftraggeber, bei einem Treffen im Umweltbundesamt am 25.01.2012 festgelegt.

Die Ergebnisse, die in diesem Abschlussbericht präsentiert werden, sind im Wesentlichen die folgenden:

- Definitionen der sicherheitstechnischen Kenngrößen von Stäuben, zu denen der GSBL Daten erhält (die Lieferung der Daten erfolgt in elektronischer Form),
- Weiterführende Erklärungen zu den Definitionen der sicherheitstechnischen Kenngrößen inklusive Angaben zu den Prüfmethoden,
- GSBL-Datenstruktur zur Abbildung der erarbeiteten Staubdaten (beinhaltet acht neue Merkmale),
- Erklärungstexte für die Datenfelder der neuen Merkmale,
- Vorstellung des Konzepts der Datenauswertung (Bildung von Staubgruppen und Erarbeitung der zugehörigen Bandbreiten der sicherheitstechnischen Kenngrößen),
- Richtlinien der Datenauswertung,
- Richtlinien der Erfassung der Daten in der GSBL-Datenstruktur.

2 Grundlagen des Projekts

2.1 Relevante Dokumente

- Arbeitsplan (23.01.2009)
- Nachweis über die einzigartige Kompetenz der BAM bezüglich sicherheitstechnischer Kenngrößen von Stäuben (05.05.2009)
- Protokoll der Besprechung am 18./19.05.2009, projektvorbereitend (BGIA, St. Augustin)
- Leistungsbeschreibung (25.05.2009)
- Angebot der BAM für ein F&E-Vorhaben zur Erarbeitung von sicherheitstechnischen Kenngrößen (STK) von Stäuben für den GSBL (26.05.2009)
- **Forschungs- und Entwicklungsvertrag** (LfULG: 20.07.2009, BAM: 04.08.2009); Auftragsnummer BAM Vh 2520
- Protokoll der Besprechung am 25.09.2009, Anlaufberatung (LfULG, Dresden)
- Protokoll der Besprechung am 19.04.2010, Berichterstattung des Auftragnehmers (BAM, Berlin)
- **Änderungsvertrag** zum Zwecke einer kostenneutralen Laufzeitverlängerung des Projekts (Tag des Inkrafttretens: 30.05.2011; Projektverlängerung bis 30.04.2012)
- Protokoll der Besprechung am 07.10.2011, Berichterstattung des Auftragnehmers vor dem GSBL-Begleitkreis (BAM, Berlin)
- Vermerk zur Besprechung am 25.01.2012, Arbeitsberatung zur Einsicht der Daten (Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau)

2.2 Mitarbeiter des Projekts

Die nachfolgende Liste ist eine Zusammenstellung derjenigen Personen, die auf Seiten des Auftragnehmers direkt oder indirekt am Projekt beteiligt waren, d. h. aktiv an der Erfüllung der gestellten Aufgaben mitwirkten, für die Erörterung und Beantwortung von Fragen zur Verfügung standen bzw. die Arbeiten organisiert und koordiniert haben[4].

[4] Mitarbeiter des Projekts laut Anlaufberatung in Dresden, 25.09.2009.

- **Dr. Klaus-Dieter Wehrstedt** (BAM, **Projektleiter**; organisatorische und koordinierende Tätigkeiten)

- **Dr. Thomas Schendler** (BAM, Vorsitzender des Lenkungsauschusses des Projekts CHEMSAFE; organisatorische und koordinierende Tätigkeiten bezüglich der Zusammenarbeit von BAM und DECHEMA e.V.)

- **Dr. Thilo Böhme** (BAM, Vorhabenangestellter/Wissenschaftlicher Mitarbeiter, **Ansprechpartner** auf Seiten des Auftragnehmers; aktive Mitarbeit im Projekt, organisatorische und koordinierende Tätigkeiten [01.08.2009 bis 31.12.2011])

- **Dr. Martin Schmidt** (BAM, Experte auf dem Gebiet brennbarer Stäube; aktive Mitarbeit im Projekt)

- **Dr. Marc Scheid** (BAM, Experte auf dem Gebiet brennbarer Stäube; aktive Mitarbeit im Projekt)

- **Alexander Seifert** (BAM, Technischer Mitarbeiter; Mitarbeit im CHEMSAFE-Projekt)

- **Michael Bulin** (BAM, IT-Fachmann; Mitarbeit im CHEMSAFE-Projekt)

- **Dr. Herbert Langer** (DECHEMA e.V., Chemiker/Programmierer; Mitarbeit im CHEMSAFE-Projekt)[5]

2.3 Mitglieder des GSBL-Begleitkreises

- **Frau Dr. Barbara Liebscher** (GSBL-Koordinierungsstelle, Umweltbundesamt, Dessau)

- **Herr Dr. Johannes Keul** (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Essen)

- **Frau Dr. Mahin Farahbakhsh** (BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, Leiterin der Datenbank GEFAHRGUT und Vertreterin der BAM im GSBL)

- **Herr Rainer Mütterlein** (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden)

[5] DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. ist Kooperationspartner bzw. Nachauftragnehmer der BAM.

3 Motivation und Zielsetzung

3.1 Verwendung sicherheitstechnischer Kenngrößen von Stäuben

Sicherheitstechnische Kenngrößen von Stäuben werden benötigt, um die Brand- und Explosionsgefahren beurteilen zu können, die von staubförmigen Materialen ausgehen, wenn diese in Luft aufgewirbelt werden und sich dadurch explosionsfähige Staub/Luft-Gemische bilden, oder aber wenn sie sich als Staubschichten an bestimmten Orten ablagern, wo sie in Brand geraten können. Die sicherheitstechnischen Kenngrößen bilden außerdem die Grundlage für die Realisierung von Explosionsschutzmaßnahmen; sie werden zur Erstellung und Überprüfung von Explosionsschutzdokumenten, zur Bewertung von Bauanträgen für bestimmte technische Anlagen, zur Störfallvorsorge, zur Beurteilung von Störfällen und zur Unfallanalyse benötigt.

3.2 Ausgangspunkt des Projekts und Projektlaufzeit

Auf der 46. Sitzung der Arbeitsgruppe (AG) Fachliches Datenmodell des GSBL im Jahr 2007 wurde der Vorschlag diskutiert, sicherheitstechnische Kenngrößen von Stäuben im GSBL abzubilden. Ursache dieser Diskussion war die Feststellung, dass Daten zu Stäuben im GSBL nicht vorhanden sind, gleichzeitig aber ein großes Interesse an solchen Daten bei den Bundes- und Landesbehörden der Verwaltungsbereiche Umweltschutz, Arbeitsschutz und Gefahrenabwehr und in der Industrie besteht. In der AG Fachliches Datenmodell des GSBL wurde daher der Auftrag an Sachsen vergeben, Vorschläge für die Aufnahme von Staubdaten zu erarbeiten.

Auf der Herbstsitzung des Lenkungssausschusses des GSBL im Jahre 2008 wurde ein Finanzantrag eingebracht, um ein Projekt zur Implementierung von Staubdaten im GSBL zu realisieren. Diesem Antrag wurde zugestimmt.

Das Vergabeverfahren mit Vertragsabschluss wurde vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie übernommen. **Auftragnehmer** des Projekts wurde die **BAM** Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin. Der entsprechende Forschungs- und Entwicklungsvertrag trat am 1. August 2009 in Kraft. Als Bearbeitungszeitraum wurde die Zeit vom **1. August 2009 bis 30. April 2012** festgelegt.

3.3 Besonderheit von Stäuben

3.3.1 Sicherheitstechnische Kenngrößen

Die Zünd-, Brenn- und Explosionseigenschaften von Stäuben, die in der Sicherheitstechnik von Bedeutung sind, werden über sicherheitstechnische Kenngrößen quantifiziert, die mit Hilfe genormter Prüfverfahren ermittelt werden.

Die ermittelten Werte der sicherheitstechnischen Kenngrößen sind maßgebend für die Beurteilung von Brand- und Explosionsgefahren und für die Festlegung von Schutzmaßnahmen. Es ist zu beachten, dass es sich bei den ermittelten Werten nicht um physikalische Stoffkon-

stanten[6] handelt, da die Werte der sicherheitstechnischen Kenngrößen von den gewählten Prüfverfahren abhängig sind. Aufgrund dieser Abhängigkeit ist es wichtig, dass ausschließlich genormte Prüfverfahren angewendet werden. Erst durch die Anwendung genormter Prüfverfahren wird die Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse ermöglicht.

3.3.2 Einflussgrößen

Die Werte der sicherheitstechnischen Kenngrößen eines bestimmten Staubes, der auf eine bestimmte chemische Substanz zurück geht, z. B. reines Aluminium, hängen in entscheidendem Maße von der physikalischen Beschaffenheit dieses Staubes ab. Hierzu zählen in erster Linie die Korngrößenverteilung, die Oberflächenbeschaffenheit (Struktur der Oberfläche, Größe der Oberfläche) und der Feuchtegehalt. So gesehen handelt es sich bei diesen Größen um *Parameter*, die die sicherheitstechnischen Kenngrößen beeinflussen: Die Werte der Parameter sind frei veränderbar; hiervon abhängig sind die Werte der sicherheitstechnischen Kenngrößen.

Aufgrund der Parameter, die unabhängig voneinander veränderlich sind, ergibt sich bei ein und derselben chemischen Substanz eine überaus große Vielfalt an unterschiedlichen Werten, die für jede einzelne sicherheitstechnische Kenngröße möglich ist, also z. B. für die Zündtemperatur, für die Mindestzündenergie oder für den maximalen Explosionsdruck. Im Vergleich hierzu sind entzündbare Gase jeweils durch ganz bestimmte Werte dieser sicherheitstechnischen Kenngrößen gekennzeichnet.

> Ausgehend von der Vielfalt der Kenngrößenwerte, die für eine bestimmte chemische Substanz im staubförmigen Zustand möglich ist, erscheint es gerechtfertigt, die chemische Herkunft, z. B. Aluminium, nicht länger als identitätsstiftendes Merkmal zu betrachten. Die Konsequenz hieraus wäre, *jeden* einzelnen Staub —also beispielsweise jeden einzelnen Aluminiumstaub— als *eigenständigen* Stoff mit einem feststehenden Satz an Werten der sicherheitstechnischen Kenngrößen zu betrachten, so wie die Gase Methan und Ethan als eigenständige, unterschiedliche Stoffe betrachtet werden, die durch feststehende Kenngrößenwerte charakterisiert sind. Die gleiche chemische Herkunft der staubförmigen Stoffe wie im Fall Aluminium würde zwar eine Gemeinsamkeit darstellen, sie dominiert aber nicht notwendigerweise die Eigenschaften der Stäube bzw. die Werte der sicherheitstechnischen Kenngrößen.
>
> Die Anzahl der möglichen eigenständigen staubförmigen Stoffe, die aus einer bestimmten chemischen Substanz realisiert werden können und die mittels der Korngrößenverteilung eindeutig charakterisierbar sind, ist im Prinzip unendlich groß. Zusätzlich ließen sich noch der Feuchtegehalt der Stäube und die Oberflächenstruktur der einzelnen Staubpartikel variieren, so dass die Anzahl der möglichen Stäube weiter anwächst. Diese Betrachtungsweise ist zwar korrekt und lässt die Aussage zu ***"Jeder Staub ist einzigartig"***; sie hat jedoch den Nachteil, dass die Korngrößenverteilung, der Feuchtegehalt und die Oberflächenstruktur nicht länger als Parameter der sicherheitstechnischen Kenngrößen gelten[7]. Aufgrund des Nachteils bezüglich der Beschreibungsmöglichkeiten der Stäube wird im Folgenden zur herkömmlichen Betrachtungsweise zurückgekehrt. Somit steht die chemische Herkunft wieder im Fokus.

---

[6] Physikalische Stoffkonstanten sind beispielsweise Schmelz- und Siedetemperaturen. Physikalische Stoffkonstanten sind unabhängig von der gewählten Messmethode.

[7] Dies ist so, weil mit einer veränderten Korngrößenverteilung sofort ein anderer Stoff identifiziert wäre, so wie eine chemische Strukturformel nur für einen ganz bestimmten chemischen Stoff steht. Die Strukturformel ist also kein Parameter des Stoffes sondern ein Mittel der Identifizierung des Stoffes.

Neben den soeben diskutierten Parametern gibt es weitere Parameter, die die Werte der sicherheitstechnischen Kenngrößen eines Staubes beeinflussen, z. B. die Schüttdichte bei Staubschichten oder die Homogenität bzw. Inhomogenität bei aufgewirbelten Stäuben im Gemisch mit Luft. Darüber hinaus spielen andere Einflussgrößen eine Rolle, die als chemische Parameter aufgefasst werden könnten, so etwa das Alter eines Staubes. Es ist nicht auszuschließen, dass in Abhängigkeit von der Zeit und von den Umgebungsbedingungen eine Modifizierung der Staubpartikeloberflächen stattfindet, z. B. Bildung von Oxidschichten bei Metallen aufgrund der Anwesenheit von Luft. Auch der Entstehungsprozess des Staubes ist im Prinzip ein chemischer Parameter, der gegebenenfalls Beachtung finden muss. Gehen beispielsweise Stäube auf eine schleifende Bearbeitung metallischer Werkstoffe zurück, wobei aufgrund der auftretenden Reibung eine starke Erhitzung stattfindet (Glühen der erzeugten Staubpartikel), so sind die Oberflächen der metallischen Staubpartikel möglicherweise vollständig oxidiert. Damit sind sie unter Umständen weniger reaktiv bezüglich einer weiteren Reaktion mit Sauerstoff. Ebenso könnten die Oberflächen durch Fremdstoffe benetzt sein, z. B. durch Schmierstoffe oder Lösungsmittel, wobei die Ursache hierfür im jeweiligen industriellen Umfeld liegt.

Tatsache ist, dass die **Gesamtheit aller beeinflussenden Parameter schwer fassbar** ist, was sich häufig in einer schlechten Reproduzierbarkeit der Kenngrößenwerte widerspiegelt. Oftmals stellt auch die Quantifizierung der Parameter ein großes Problem dar. Ferner ist davon auszugehen, dass es eine Reihe sogenannter versteckter Parameter gibt. Damit sind Parameter gemeint, die nicht als solche erkannt werden, obwohl sie objektiv existieren und einen direkten oder indirekten Einfluss auf die Kenngrößenwerte besitzen, z. B. Anwesenheit von Licht (UV) oder Anwesenheit katalytisch wirkender Substanzen.

3.3.3 Konsequenzen für die Praxis

Entscheidend für die Praxis ist, dass mit der Kenntnis der Werte der sicherheitstechnischen Kenngrößen *eines* Staubes keine sichere Vorhersage der Werte der sicherheitstechnischen Kenngrößen eines *anderen*, ähnlichen[8] Staubes möglich ist. Werden für die Beurteilung der Brand- und Explosionsgefahren nur die Kenngrößenwerte eines oder weniger Stäube herangezogen, kann dies zu einer erheblichen Unterschätzung des Gefahrenpotentials führen. Vorhersagen sind im Prinzip nur unter Berücksichtigung umfangreicher Datenkollektive und auf der Basis langjähriger Erfahrungen bezüglich Stäube möglich.

Die im BIA-Report 12/97 bzw. in der Datenbank CHEMSAFE veröffentlichten Daten sind aufgrund ihrer Komplexität also ausschließlich für einen kleinen Expertenkreis nutzbar, der in der Lage ist, diese Daten korrekt zu interpretieren. Gegebenenfalls dienen die Daten nur der groben Orientierung. Eine bloße Übernahme dieser Daten in den GSBL wäre für Behörden und die Industrie, die die eigentliche Zielgruppe des GSBL darstellen, wenig zweckmäßig.

3.4 Zielsetzung für das Projekt

Um die Staubdaten einer breiteren Öffentlichkeit zu erschließen, wurde von den Experten der BAM vorgeschlagen, jeweils diejenigen Stäube in **Staubgruppen** zusammen zu fassen, die

[8] In Bezug auf Stäube sind Begriffe wie *gleich* oder *ähnlich* äußerst missverständlich, da die Bedeutung der Begriffe nicht quantifizierbar ist. Die Bedeutung der Begriffe wird subjektiv empfunden.

bei der Be- bzw. Verarbeitung fester Stoffe oder beim Transport, beim Umschlag und bei der Lagerung von Schüttgütern zusammen auftreten. Durch Analyse und Bewertung aller Kenngrößenwerte, die für die verschiedenen Staubgruppen vorliegen, sollten dann staubgruppenspezifische **Bandbreiten** erarbeitet werden, die in der Praxis belastbar sind.

Mit der Erarbeitung von Bandbreiten, die sich auf Staubgruppen beziehen, wird eine fachlich fundierte Vereinfachung herbei geführt, die für den Fachfremden leicht verständlich ist und nicht fehlinterpretiert werden kann: Aus einer unübersichtlichen Vielzahl an unterschiedlichsten Stäuben mit zugehörigen Kenngrößenwerten werden praxisrelevante Staubgruppen, für die es eine bestimmte Streuung bzw. Schwankungsbreite bei den sicherheitstechnischen Kenngrößen gibt (Bandbreiten). Der Fachfremde erhält einen Überblick bezüglich der Explosions- bzw. Brandgefahr, die für einen bestimmten Stoff bzw. chemische Substanz im staubförmigen Zustand (z. B. Getreide) besteht. Dieser Überblick ist aber auch für den Experten von Nutzen. In Abhängigkeit von der jeweils vorliegenden Datensituation können mithilfe der erarbeiteten Bandbreiten Gefährdungen beurteilt und Schutzmaßnahmen ausgelegt werden.

Das verfolgte Konzept der Erarbeitung von Bandbreiten für Staubgruppen ist neu. **Zu Projektbeginn gehören Staubgruppen und zugehörige Bandbreiten nicht zum allgemeinen Wissens- und Erkenntnisstand innerhalb der Wissenschaftsgemeinde.**

3.5 Konzept der Staubgruppen und Bandbreiten

3.5.1 Allgemein

Ausgehend von der verfügbaren Datenbasis (siehe Abschnitt 4) werden Stäube zielgerichtet ausgewählt, um sie zu praxisrelevanten Staubgruppen zusammen zu stellen. Diese Auswahl wird von einem Staubexperten vorgenommen und erfolgt anhand der existierenden Staubbezeichnungen (Stoffnamen der Stäube).

Bezüglich der zusammengestellten Staubgruppen werden die Bandbreiten der einzelnen Kenngrößen erarbeitet (Richtlinien der Datenauswertung siehe **Anhang D**). In der Regel spiegeln diese Bandbreiten jeweils den Umfang (Weite) der Streuung der Kenngrößenwerte innerhalb der gebildeten Gruppen wider.

Sämtliche Kenngrößenwerte, die sich *innerhalb* der Bandbreiten befinden, werden in den erzeugten Staubgruppen-Datensätzen nicht aufgeführt. Ebenso entfällt die Auflistung der Stäube, die die Staubgruppe bilden. Diese Aussagen beziehen sich auf die Datensätze, die an den GSBL geliefert werden. Die Information darüber, welche Stäube jeweils die Gruppen bilden (inklusive der zugehörigen Kenngrößenwerte), verbleibt in der BAM. Damit sind die erarbeiteten Bandbreiten jederzeit nachvollziehbar; sie können bei Erweiterung der Datenbasis aktualisiert werden. Dies wird als notwendig angesehen, wenn weitere Prüfergebnisse verfügbar werden.

Wenngleich die Menge der verfügbaren bzw. berücksichtigten Kenngrößenwerte einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität bzw. den Informationsinhalt einer jeden Bandbreite hat, wird auf diese Mengenangabe verzichtet. Mit der Erarbeitung der Bandbreiten geht auch die Information über die Verteilung/Häufung der Kenngrößenwerte innerhalb der Bandbreiten verloren (*Informationsverlust durch Informationsverdichtung*).

Eine differenzierte Betrachtung der Kenngrößenwerte hinsichtlich der Parameter Korngrößenverteilung, Medianwert, Feuchtegehalt etc. wird in der Regel nicht explizit vorgenommen. Gegebenenfalls erfolgt diese Art der Differenzierung über die Zusammenstellung der Staubgruppen (z. B. "Maismehl, fein" und "Maismehl, grob"); die genaue Information bezüglich der Parameter wird dann in Form eines Textes bei der Staubgruppe hinterlegt (Staubgruppenbeschreibung).

Es ist möglich, dass ein und derselbe Staub verschiedenen Staubgruppen gleichzeitig angehört. Beispielsweise könnte der Staub "Maismehl" Bestandteil der folgenden vier Gruppen sein: (1) "Getreide", (2) "Mais", (3) "Getreidemehl" und (4) "Maismehl, fein". Das wiederum bedeutet, dass *ein* Staub die Bandbreiten *verschiedener* Staubgruppen mitbestimmen kann.

3.5.2 Bandbreiten und Ranking

Im Allgemeinen ist jede Bandbreite durch einen minimalen und einen maximalen Wert gekennzeichnet (Anfangswert und Endwert der Bandbreite entsprechend der vorliegenden Kenngrößenwerte). Bei bestimmten Kenngrößen, z. B. bei der unteren Explosionsgrenze, ist der *minimale* Wert sicherheitstechnisch relevant, bei anderen Kenngrößen, z. B. beim maximalen Explosionsdruck, ist es der *maximale* Wert. Für die richtige Interpretation des sicherheitstechnisch relevanten Grenzwertes seitens des Nichtexperten ist für ihn die Beantwortung folgender Frage von herausragender Bedeutung:

> *Wie wahrscheinlich ist es, dass ein noch nicht untersuchter Staub, der der Beschreibung der betrachteten Staubgruppe entspricht, den angegebenen sicherheitstechnisch relevanten Grenzwert der Bandbreite unterschreitet bzw. überschreitet?*

Für die sicherheitstechnisch relevanten Werte der Bandbreiten wird daher vom Staubexperten eine Wertung in Form eines **Rankings** vorgenommen (für die Datenbank Auswahl einer vorformulierten Ranking-Angabe), wobei damit eine Aussage darüber getroffen wird, wie vertrauenswürdig (sicher bzw. unsicher) der jeweilige Bandbreiten-Endwert als Grenzwert ist. Die Rankings beziehen sich nicht auf die Weite der Bandbreiten. Die Weite der Bandbreite wird gegebenenfalls in Form einer Bemerkung kommentiert (Bemerkungsfeld).

Bei der Vergabe eines jeden Rankings wird die Datensituation im Allgemeinen berücksichtigt, wie sie für die betrachtete Staubgruppe und Kenngröße vorliegt. Dies schließt die Berücksichtigung folgender Gegebenheiten ein:

- Anzahl der Kenngrößenwerte,
- Werte der Parameter Korngrößenverteilung, Medianwert, Feuchtegehalt (soweit vorhanden)
- Streuung/Häufung der Kenngrößenwerte (in Abhängigkeit der Parameter),
- Ausreißer.

Ausschlaggebend für die Festlegung des Rankings ist die langjährige Erfahrung des Staubexperten.

4 Datenbasis der Auswertung

4.1 Quelle der Daten und Umfang des Datenmaterials

Die Ergebnisse des Projekts basieren auf der Auswertung der GESTIS[9]-STAUBEX-Datei, Stand 18. Mai 2009. Die GESTIS- STAUBEX-Datei ist eine EXCEL-Datei, die die Daten von **7946 Einzelstaubproben** enthält. Kopien der Datei befinden sich in der BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin und beim IFA − Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, St. Augustin.

Die in der genannten Datei enthaltenen Daten sind im Prinzip identisch mit denen, die im **BIA-Report 12/97**[10,11] veröffentlicht wurden (BIA-Report 12/97 beinhaltet auch BAM-Daten).

Bei den Daten der Einzelstaubproben handelt es sich um die Werte verschiedener sicherheitstechnischer Kenngrößen inklusive der zugehörigen Parameter Korngrößenverteilung, Medianwert und Feuchtegehalt (soweit angegeben). Folgende Kenngrößen sind im BIA-Report 12/97 aufgeführt[12]:

- Untere Explosionsgrenze
- Maximaler Explosionsüberdruck
- K_{St}-Wert
- Explosionsfähigkeit
- Sauerstoffgrenzkonzentration
- Mindestzündenergie
- Zündtemperatur (Godbert-Greenwald-Ofen)
- Zündtemperatur (BAM-Ofen)
- Glimmtemperatur
- Brennbarkeit

Generell gilt folgendes: Die meisten Staubproben wurden nur bezüglich bestimmter sicherheitstechnischer Kenngrößen untersucht. Diese Tatsache ist zu berücksichtigen, um die Datenbasis, die für die Erarbeitung der Bandbreiten jeweils real zur Verfügung stand, richtig zu beurteilen.

---

[9] GESTIS: Akronym für *Gefahrstoffinformationssystem* (der Berufsgenossenschaften).

[10] H. Beck, N. Glienke, C. Möhlmann, HVBG, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA, *Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben* (BIA Report 12/97); Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), **1997**; ISBN: 3-88383-468-8

[11] Die wenigen Unterschiede zwischen der GESTIS-Staubdatei und dem BIA-Report 12/97 beziehen sich auf bestimmte Korrekturen, die in der EXCEL-Datei vorgenommen wurden (näheres im Protokoll des Arbeitstreffens in St. Augustin am 18. Mai 2009).

[12] Es werden die im BIA-Report verwendeten Bezeichnungen wiedergegeben.

4.2 Herkunft der Stäube, Qualität der Daten

Die Stäube stammen aus nahezu allen Bereichen der **gewerblichen Wirtschaft**, wo sie real entstanden bzw. angefallen sind (Be- bzw. Verarbeitung fester Stoffe; Transport, Umschlag und Lagerung von Schüttgütern). Aufgrund der Herkunft der Stäube kann die Anwesenheit von Verunreinigungen nie ausgeschlossen werden (Verunreinigungen sind spezifisch für das jeweilige Gewerbe, Art und Anteil der Verunreinigungen in den Stäuben unbekannt). Die sicherheitstechnischen Kenngrößen gehen also nicht auf Stäube zurück, die unter bestimmten Standards im Labor zum Zwecke der Prüfung zielgerichtet hergestellt und stofflich analysiert wurden (Stichwort Referenzstoffe). Die einzige Information bezüglich der stofflichen Zusammensetzung der untersuchten Stäube leitet sich aus der Staubbezeichnung (Name der Staubprobe) ab, z. B. "Aluminiumspäne, schmierstoffbenetzt", die von den jeweiligen Betrieben (Staublieferant) stammt. Hinsichtlich der Zuordnung der Stäube zu bestimmten Staubgruppen und der Wertung der zugehörigen Kenngrößenwerte im Zuge der Erarbeitung der Bandbreiten stellt dies ein beachtliches Problem dar. In diesem Zusammenhang sei auch erwähnt, dass die Probencharakterisierung bezüglich der Parameter Korngrößenverteilung, Medianwert und Feuchtegehalt in vielen Fällen lückenhaft ist.

4.3 Staubfraktionen durch Absiebung

Die oben genannte Gesamtzahl der Stäube (7946) beinhaltet auch jene Staubfraktionen, die jeweils durch Absiebung einer bestimmten ursprünglichen Staubprobe (Staub im Anlieferungszustand) erzeugt wurden. Die durch Absiebung entstandenen Staubfraktionen unterscheiden sich bezüglich der Staubproben im Anlieferungszustand durch eine veränderte maximale Korngröße bzw. durch eine veränderte Korngrößenverteilung. Die Absiebungen erfolgten zum Zwecke der Einhaltung der geltenden Prüfvorschriften. Diese Prüfvorschriften verlangen beispielsweise, dass die Bestimmung der sicherheitstechnischen Kenngrößen der Stäube an Proben erfolgt, die getrocknet wurden und deren maximale Korngröße 250 µm (abgelagerter Staub) bzw. 63 µm (aufgewirbelter Staub) beträgt. Aus diesem Grund wurden für viele Stäube zwei Siebfraktionen erzeugt, die entsprechend geprüft wurden. Häufig wurden die Stäube aber auch direkt im Zustand der Anlieferung untersucht (zusätzlich bzw. ausschließlich), um betriebliche Bedingungen besser berücksichtigen zu können. In diesen Fällen erfolgten die Untersuchungen also nicht streng nach Vorschrift. In anderen Fällen wurden mehr als zwei Siebfraktionen eines Staubes untersucht.

Die Bestimmung der sicherheitstechnischen Kenngrößen erfolgte also unter folgenden Bedingungen:

- Staubprobe im Zustand der **Anlieferung** (keine Trocknung, keine Absiebung)

  oder

- Staubprobe im **getrockneten *und* abgesiebten** Zustand (unter Umständen verschiedene Absiebungen)

  oder

- Staubprobe im **getrockneten** Zustand (keine Absiebung)

  oder

- Staubprobe im **abgesiebten** Zustand (keine Trocknung, unter Umständen verschiedene Absiebungen).

5 Ergebnisse

5.1 Sicherheitstechnische Kenngrößen der Stäube für den GSBL

Für den GSBL wurden hinsichtlich des Brand- und Explosionsschutzes folgende acht Staubkenngrößen[13] als sicherheitstechnisch relevant festgelegt.

- Bezüglich des **aufgewirbelten Staubes** (synonym: Staub/Luft-Gemisch bzw. Staubwolke):

  1. Untere Explosionsgrenze [g/m³]
  2. Maximaler Explosionsüberdruck [bar]
  3. K_{St}-Wert [bar m/s]
  4. Staubexplosionsfähigkeit/Staubexplosionsklasse [St 1, St 2, St 3]
  5. Mindestzündenergie [mJ]
  6. Zündtemperatur [°C]

- Bezüglich des **abgelagerten Staubes** (synonym: Staubschicht):

  7. Mindestzündtemperatur [°C]
  8. Brennverhalten (quantifiziert über die Brennzahl [1, 2, … , 6])

Für diese sicherheitstechnischen Kenngrößen wurden bezüglich der zusammengestellten Staubgruppen Bandbreiten ermittelt. Da sich diese Bandbreiten auf Staubgruppen beziehen und nicht auf Stoffe im herkömmlichen Sinne[14], wurde in der Bezeichnung der entsprechenden GSBL-Merkmale der Hinweis *Staubgruppe* aufgenommen. Durch einen weiteren Hinweis wird angegeben, ob sich das GSBL-Merkmal auf einen *aufgewirbelten* oder auf einen *abgelagerten Staub* bezieht.

Beispiel für die Bezeichnung eines GSBL-Merkmals:

Untere Explosionsgrenze, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)

5.2 Definitionen der sicherheitstechnischen Kenngrößen

Die Definitionen der sicherheitstechnischen Kenngrößen sind im **Anhang A** gegeben.

Wichtiger Hinweis: Die präsentierten Definitionen erklären **nicht** das Phänomen der **Bandbreiten!** Bandbreiten der Kenngrößenwerte resultieren aus der Zusammenfassung verschiedener Einzelstäube, die selbst durch ganz bestimmte Werte der sicherheitstechnischen Kenngrößen charakterisiert sind (zum Verständnis des Konzepts der Bandbreiten siehe Abschnitte 3.3, 3.4 und 3.5).

---

[13] Die Bezeichnungen weichen gegebenenfalls von denen des BIA-Reports 12/97 ab (zum Vergleich siehe 4.1).
[14] Wenngleich eine Staubgruppe eine Zusammenstellung mehrerer Stoffe ist, so kann sie dennoch wie ein einzelner Stoff betrachtet werden, dem bestimmte Eigenschaften bzw. Kenngrößenwerte zugeordnet werden.

Zusätzlich zu jeder Definition werden weiterführende Erklärungen gegeben, die für das Gesamtverständnis der Kenngröße wichtig sind. Darüber hinaus wird erklärt, wie die sicherheitstechnische Kenngröße gemessen wird. Außerdem werden anerkannte Prüfverfahren genannt.

Die Angaben zu den Definitionen sind jeweils wie folgt gegliedert:

(1) Definition,

(2) Zusätzliche Information,

(3) Messung,

(4) Anerkannte Prüfverfahren.

5.3 GSBL-Datenstruktur zur Abbildung der Bandbreiten von Staubgruppen

Die Datenstruktur, die für die Abbildung der Staubdaten im GSBL realisiert werden muss, ist im **Anhang B** dargestellt.

Die Datenstruktur ist für *Staubgruppen* und deren *Bandbreiten* konzipiert (Bandbreiten der oben genannten sicherheitstechnischen Kenngrößen, siehe Abschnitt 5.1); die Datenstruktur ist nicht geeignet für die Abbildung von Kenngrößenwerten von Einzelstäuben[15].

Folgende Tabellen werden präsentiert (GSBL/EXCEL-Tabellenformat):

(1) **Feldstruktur** der acht neu einzurichtenden GSBL-Merkmale

Hinweis: Zur Abbildung der Staubgruppendaten wird auch das bereits bestehende GSBL-Merkmal *ERSCHB* "Stoffbeschreibung/Erscheinungsbild" benötigt. Hier ist eine Änderung notwendig, die das Feld *ERSCHB.S* "Stoffbeschreibung/Erscheinungsbild Text" betrifft. Die existierende Begrenzung der Feldlänge ist aufzuheben bzw. von 253 auf 2000 zu ändern.

(2) **Nachschlagetabelle** (beschränkt auf staubrelevanten Teil)

(3) **Einheitentabelle** (beschränkt auf staubrelevanten Teil)

5.4 Erklärungstexte für die Felder der neuen GSBL-Merkmale

Die Erklärungstexte für die einzelnen Felder der acht neu einzurichtenden GSBL-Merkmale sind im **Anhang C** gegeben.

Die Erklärungstexte sind für den Nutzer des GSBL wichtig, um die verschiedenen Feldinhalte[16], die bei einer Recherche angezeigt werden, richtig interpretieren zu können. Zusammen

[15] Es würden sich Konflikte hinsichtlich der Feldbezeichnungen und der Feldinhalte ergeben sowie hinsichtlich bestimmter Pflichtfelddeklarationen.

mit den Definitionen der sicherheitstechnischen Kenngrößen (Anhang A) sind die Erklärungstexte Bestandteil der Online-Hilfe des GSBL.

5.5 Richtlinien der Datenauswertung zur Erarbeitung von Bandbreiten

Die Richtlinien der Datenauswertung zur Erarbeitung von Bandbreiten befinden sich im **Anhang D**.

Die Richtlinien definieren die Regeln, nach denen die Auswertung der vorhandenen Datenkollektive in der BAM erfolgt. Das Ergebnis dieser Auswertung sind die sogenannten Bandbreiten der sicherheitstechnischen Kenngrößen.

Die Richtlinien dienen der Reproduzierbarkeit der Datenauswertung.

Die Richtlinien der Datenauswertung stellen keine Regeln für die Zusammenstellung der Staubgruppen dar. Die Zusammenstellung der Staubgruppen orientiert sich insbesondere an der Bedeutung der Stäube in der Praxis (Be- und Verarbeitung fester Stoffe; Transport, Umschlag und Lagerung von Schüttgütern). Im Interesse belastbarer Bandbreiten wird bei der Zusammenstellung der Staubgruppen auch der Umfang der verfügbaren Daten berücksichtigt (Anzahl geprüfter Stäube und zugehörige Kenngrößenwerte). Die Entscheidung über die Zusammenstellung praxisrelevanter Staubgruppen trifft der Staubexperte aufgrund seiner Erfahrungen.

5.6 Staubdaten für den GSBL

5.6.1 Liste der erstellten Staubgruppen

Die in der folgenden Liste genannten Staubgruppen sind diejenigen, für die Bandbreiten der sicherheitstechnischen Kenngrößen erarbeitet wurden. Die entsprechenden Datensätze werden **in elektronischer Form** als SSF-Daten (Daten im Schnittstellenformat) dem GSBL übergeben. Ein typischer Datensatz einer Staubgruppe ist im **Anhang E** als Beispiel gegeben. Hier befindet sich auch das zugehörige Erfassungsformular[17].

Von den insgesamt 7946 in der GESTIS-STAUBEX Datenbank enthaltenen Datensätzen (Einzelstäube und deren Absiebungen) wurden 4203 in den aufgelisteten Staubgruppen erfasst. 3743 Datensätze wurden nicht für die Gruppierung berücksichtigt. Folgende Gründe sind für die Nichtberücksichtigung zu nennen:

---

[16] Die Feldinhalte sind konkrete Daten in Form von Zahlenangaben (numerisch) und Text (alphanumerisch), die die jeweiligen Datensätze der sicherheitstechnischen Kenngrößen (z. B. untere Explosionsgrenze) der Staubgruppen bilden.

[17] Das Erfassungsformular dient der Erfassung der Daten im Zuge der Datenauswertung. Für jede Staubgruppe wird ein Erfassungsformular erstellt, das in Papierform archiviert wird (BAM). Die ausgefüllten Erfassungsformulare sind die Grundlage für die händische Eingabe der Daten in die Datenbank (GSBL bzw. CHEMSAFE).

- **Bildung von Staubgruppen reiner Stäube**

  Für die Erstellung der Bandbreiten wurden vorwiegend reine Stäube gruppiert. In der GESTIS-STAUBEX Datenbank(Datenbasis) häufig enthaltene Gemische verschiedener Stäube wurden zum überwiegenden Teil nicht berücksichtigt, da in vielen Fällen keine Informationen über deren Zusammensetzung verfügbar sind.
  In einigen Fällen erfolgte die Erstellung von Gruppen aus Mischstäuben, da diese eine besondere Relevanz für die Praxis aufweisen. Hierbei handelt es sich z.B. um Strahlstäube (Mischungen aus Abrieb der bearbeiteten Werkstücke und Resten an Strahlmittel) oder Mischungen aus Holz und Harzen, wie sie in der Spanplattenproduktion anfallen.

- **Datenbasis**

  Weiterhin wurde für die Bildung einer Staubgruppe eine ausreichende Datenbasis vorausgesetzt. Gruppen, bestehend aus nur 1-2 Einzelstäuben wurden nicht erstellt. In diesen Fällen würden Bandbreiten erzeugt werden, die sich prinzipiell nicht von den Daten der Einzelstäube unterscheiden. In den meisten Fällen müsste aufgrund der Datenlage ein unsicheres Ranking vergeben werden. Im Vergleich zu den in der GESTIS-STAUBEX Datenbank enthaltenen Werten für Einzelstäube würde sich durch die Gruppierung kein Vorteil ergeben.
  Ebenso wurde in den Fällen auf eine Gruppierung verzichtet, in denen zwar eine für eine Gruppierung ausreichende Anzahl von Datensätzen zur Verfügung stand, jedoch nur eine geringe Menge an Prüfdaten (sicherheitstechnische Kenngrößen)hinterlegt war.

Nachfolgend sind die erstellten Staubgruppen aufgelistet.

laufende Nummer	Produktgruppe	Staubgruppen-Name	Registrier-Nr.
1	ZUCKER	Zucker, verschiedene Zuckerarten	**4**
2		Glucose	**2**
3		Maltodextrin	**3**
4		Lactose	**5**
5		Saccharose	**6**
6		Zuckerersatz	**33**
7	METALLE	Aluminium	**16**
8		Aluminiumpulver	**17**
9		Zink	**34**
10		Magnesium	**35**
11		Silicium	**26**
12		Aluminiumstrahlstaub	**36**
13		Stahlstrahlstaub	**37**
14	KUNSTSTOFFE	PVC	**9**
15		PE	**11**
16		PUR (Polyurethan)	**39**
17		Gummi	**40**
18		Polypropylen	**41**
19		Polyacrylnitril	**42**
20		Polystyrol	**43**
21		Polyamid	**44**
22		Polyacrylat	**45**
23		Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat	**46**
24		Polyester	**47**
25		Methylmethacrylat-Butadien-Styrol	**48**
26		Polyvinylacetat	**49**
27		Polyvinylalkohol	**50**
28		Polymethylmethacrylat	**51**
29	KOHLEN	Braunkohle	**8**
30		Braunkohle (Koks)	**7**
31		Steinkohle	**10**
32		Koks	**12**
33		Ruß	**38**
34		Aktivkohle	**32**
35	PAPIER	Papier, Karton, Pappe	**14**
36		Papier	**15**
37		Cellulose	**13**
38		Celluloseether	**22**
39	GETREIDE	Getreide	**18**
40		Weizen	**23**
41		Roggen	**31**
42		Gerste	**30**
43		Hafer	**29**
44		Mais	**28**
45		Reis	**27**
46		Mehl	**25**
47		Malz	**24**
48	STÄRKEN	Stärke	**19**
49		Modifizierte Stärke	**20**
50		Weizenstärke	**52**
51		Maisstärke	**53**
52		Reisstärke	**54**
53		Tapioka	**55**
54		Kartoffelstärke	**56**

laufende Nummer	Produktgruppe	Staubgruppen-Name	Registrier-Nr.
55	**GLUTENE**	Gluten	**21**
56		Weizenkleber	**87**
57		Maiskleber	**88**
58	**SONSTIGE**	Klärschlamm	**57**
59		Lykopodium	**58**
60		Guanidinnitrat	**59**
61		Kieselsäure	**60**
62		Acetylsalicylsäure	**61**
63		Schwefel	**62**
64		Toner	**63**
65		Anthrachinon	**64**
66		Kakaoschale	**89**
67		Torf	**90**
68		Fischmehl	**91**
69		Fleischmehl	**92**
70		Fleischknochenmehl	**93**
71		Blutmehl	**94**
72		Tabak	**95**
73		Futtermittel	**96**
74		Milchfutter	**97**
75		Wachs	**98**
76		Pentaerythrit	**109**
77	**NAHRUNGSMITTEL**	Kakao	**65**
78		Kartoffel (allg)	**66**
79		Soja	**99**
80		Brot	**100**
81		Kaffee	**101**
82		Kaffeeextrakt	**102**
83		Rohkaffee	**103**
84		Tee	**104**
85		Erbsen	**105**
86		Teig	**106**
87		Gelatine	**107**
88		Hefe	**108**
89	**HARZE, LACKE**	Epoxidharz	**67**
90		Melaminharz	**68**
91		Phenolharz	**69**
92		Polyesterharz	**70**
93		Silikonharz	**71**
94		Kunstharz	**72**
95		Pulverlack	**73**
96		Lackstaub	**74**
97		Kolophonium	**75**
98	**STEARATE**	Stearat	**76**
99		Bleistearat	**77**
100		Aluminiumstearat	**78**
101		ZinkStearat	**79**
102		Calciumstearat	**80**
103	**HOLZ**	Holz	**81**
104		Holz-Harz-Mischungen Plattenherstellung	**82**
105		Kork	**83**
106		Lignin	**84**
107	**MILCH**	Milchpulver	**85**
108		Molkenpulver	**86**

5.6.2 Wichtige Information zur Interpretation der Bandbreiten

5.6.2.1 Bandbreiten

Die Bandbreiten der sicherheitstechnischen Kenngrößen beziehen sich auf *Staubgruppen* und ergeben sich aus der *Verschiedenartigkeit der einzelnen Stäube*, die jeweils gruppiert wurden (Grundlage der Gruppierung: verfügbare Datenbasis, siehe Abschnitt 4). Für die Einzelstäube innerhalb einer Gruppe bedeutet dies unterschiedliche Werte der Parameter, die die physikalische Beschaffenheit der Stäube beschreiben, z. B. Korngrößenverteilung, Oberflächenstruktur, Größe der Oberfläche, Feuchtegehalt. Im Allgemeinen liegen die Unterschiede aber auch in der chemischen Zusammensetzung der Stäube inklusive Verunreinigungen (siehe auch Abschnitt 3.3.2). Keiner der Stäube einer Gruppe ist also identisch mit einem anderen Staub derselben Gruppe.

Die Ursache der Bandbreiten liegt *nicht* in der Messunsicherheit der einzelnen Prüfmethoden. Im Rahmen der Messgenauigkeit können die ermittelten Kenngrößenwerte der Einzelstäube als exakt betrachtet werden. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass es üblich ist, bei der Angabe von Kenngrößenwerten bestimmte Sicherheitsmargen zu berücksichtigen[18]. Es ist beispielsweise möglich, dass die Zündtemperatur eines bestimmten Einzelstaubes bzw. Stoffes mit 230 °C angegeben wird, obwohl der tatsächlich gemessene Wert 240 °C lautet.

Die Bandbreiten ergeben sich auch *nicht* aus einer definierten bzw. zugelassenen Schwankung eines oder mehrer Parameter, die für eine zusammengestellte Staubgruppe gilt, z. B. Feuchtegehalt.

5.6.2.2 Ranking-Angaben

Die Ranking-Angaben beziehen sich ausschließlich auf die sicherheitstechnisch relevanten Grenzwerte der Bandbreiten, z. B. auf den minimalen Wert der Bandbreite der unteren Explosionsgrenze, und nicht auf die Bandbreiten selbst (die Weite zwischen dem minimalen und dem maximalen Wert). Das vorgenommene Ranking ermöglicht somit eine ***konservative Gefahrenbeurteilung***. Die Weite der Bandbreiten wird gegebenenfalls in Form einer Bemerkung kommentiert.

Wird der sicherheitstechnisch relevante Grenzwert mittels Ranking als vertrauenswürdiger (sicherer) Grenzwert der Bandbreite eingeschätzt, so hat dies folgende Bedeutung:

> *Es gilt als unwahrscheinlich, dass ein noch nicht untersuchter Staub, der der Beschreibung der betrachteten Staubgruppe entspricht, den angegebenen sicherheitstechnisch relevanten Grenzwert unter- bzw. überschreitet. Sollte dennoch der unwahrscheinliche Fall eintreten, dass der sicherheitstechnisch relevante Grenzwert unter- bzw. überschritten wird, so hat dies keine Auswirkungen auf die notwendigen Brand- bzw. Explosionsschutzmaßnahmen.*

Hinsichtlich der betrachteten sicherheitstechnischen Kenngröße liegt der noch nicht untersuchte Staub also aller Wahrscheinlichkeit nach innerhalb der angegebenen Bandbreite. Über die genaue Position kann nichts ausgesagt werden. Es besteht durchaus die Möglichkeit, dass der Kenngrößenwert des noch nicht untersuchten Staubes weit von dem sicherheitstechnisch relevanten Grenzwert entfernt liegt. Eine genaue Aussage kann nur dann getroffen werden,

[18] Genaue Angaben hierzu finden sich in den Vorschriften zu den Prüfverfahren.

wenn der unbekannte Staub tatsächlich geprüft wird, also die konkrete Bestimmung des Wertes der sicherheitstechnischen Kenngröße durch eine Messung erfolgt. Eine solche Bestimmung ist oftmals empfehlenswert, da sich unter Umständen nachweisen lässt, dass kostenintensive Schutzmaßnahmen nicht notwendig sind. Dies gilt insbesondere für Staubgruppen, die weit gespreizte Bandbreiten aufweisen (große Weite zwischen dem minimalen und dem maximalen Wert). Beispielsweise könnte die konkrete Bestimmung der Zündtemperatur einen Wert von 650 °C liefern, obwohl der minimale Messwert der Zündtemperatur der Staubgruppe mit 290 °C angegeben ist und dieser Grenzwert als vertrauenswürdig eingeschätzt wurde.

Generell gilt: Die Bestimmung der Kenngrößenwerte ist auch bei vorhandenen Bandbreiten sicherheitstechnisch sinnvoll.

5.6.3 Qualitätssicherung

Laut Leistungsbeschreibung ist für den Datenimport in den GSBL eine Qualitätssicherung gefordert. Mit der Qualitätssicherung soll die prinzipielle Möglichkeit geschaffen werden, Staubgruppen und Bandbreiten auch von anderen Datenlieferanten (nicht BAM) in den GSBL übernehmen zu können, die die gleichen Qualitätskriterien erfüllen, wie die Staubgruppen-Datensätze, die von der BAM stammen.

Die Qualitätssicherung wird über Pflichtfelder realisiert (siehe Datenstruktur im **Anhang B**). Die zusätzliche Implementierung von Prüfregeln für den Datenimport (Importserver) wird zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht als notwendig erachtet. Die Erarbeitung von Prüfregeln wird dann als sinnvoll angesehen, wenn durch eine spätere Analyse des GSBL-Datenbestands festgestellt wird, dass eine große Anzahl fehlerhafter Datensätze existiert, z. B. unvollständige Daten, unrealistische Zahlenangaben, Widersprüche. Die Prüfregeln sind dann entsprechend der aufgedeckten Fehler zu formulieren.

5.6.4 Ausblick

Die Erstellung praxisrelevanter Staubgruppen und die Erarbeitung der zugehörigen Bandbreiten kann als ein langfristiger und fortdauernder Prozess betrachtet werden. Insofern können die Arbeiten zum Projekt nicht als abgeschlossen gelten. Zwei wesentliche Gründe seien hier angeführt:

(1) Die Anzahl unterschiedlicher Stäube, die bei der Be- und Verarbeitung fester Stoffe auftreten können, ist im Prinzip unendlich groß. Im Vergleich dazu deckt die Datenbasis, die dem Projekt zugrunde lag, nur einen geringen Teil ab. Labore und Institute, die Stäube prüfen, erzeugen ständig neue Daten. Mit diesen neuen Daten könnten weitere Staubgruppen erstellt werden oder aber die neu untersuchten Stäube werden bestehenden Staubgruppen zugeordnet. Letzteres kann zu einer Veränderung der existierenden Bandbreiten führen. Die Aktualisierung bestehender Staubgruppen schließt gegebenenfalls auch das existierende Ranking der sicherheitstechnisch relevanten Grenzwerte ein (bzgl. Ranking siehe Abschnitt 5.6.2.2).

(2) Hinsichtlich der Zusammenstellung von Einzelstäuben zu Staubgruppen besteht eine hohe Flexibilität. Das Ergebnis können Staubgruppen von unterschiedlicher Größe

(Mächtigkeit) und unterschiedlicher Differenziertheit sein, wobei die Gesamtzahl der realisierbaren und praxisrelevanten Staubgruppen als nicht feststehend anzusehen ist.

Ausgehend von einer *feststehenden* Datenbasis, z. B. eine bestimmte Anzahl verschiedener Getreidestäube, lassen sich diese beliebig gruppieren, wobei unterschiedliche Kriterien zugrunde gelegt werden können bzw. müssen (je nach Fragestellung bzw. Notwendigkeit, die die Praxis vorgibt). Die Entscheidung darüber, ob eine Staubgruppe gebildet wird bzw. ob eine gebildete Staubgruppe inklusive zugehöriger Bandbreiten für die Zukunft Bestand hat, hängt ab von der Qualität und der Quantität der verfügbaren Daten, vom Ergebnis der Auswertung, aber auch von der *subjektiven* Betrachtungsweise desjenigen, der die Daten sichtet und auswertet.

So kann es sich beispielsweise als notwendig erweisen, zwischen verschiedenen Getreidearten (Roggen, Gerste, Weizen, usw.) zu unterscheiden und *zusätzlich* eine allgemeine, übergeordnete Getreide-Gruppe zu bilden, die sowohl Roggen und Gerste als auch Weizen usw. enthält. Darüber hinaus könnte es sich als sinnvoll erweisen, eine Getreidemehl-Gruppe zu bilden, wobei in diesem speziellen Fall aber nicht mehr zwischen den verschiedenen Getreidearten unterschieden wird (ein gegebener Maismehl-Staub könnte also folgenden Staubgruppen zugeordnet werden:
(1) "Getreide", (2) "Mais", (3) "Getreidemehl").

Wird die zur Verfügung stehende Datenbasis durch neue Stäube erweitert, könnte dies eine feinere Unterteilung bestehender Staubgruppen ermöglichen. Für das Beispiel der Getreidemehl-Gruppe hieße das eventuell, dass nun doch bezüglich der verschiedenen Getreidearten differenziert wird, da sich aufgrund der hinzu gekommenen Daten herausgestellt hat, dass die Unterschiede zwischen den verschiedenen Mehlarten (Roggenmehl, Gerstenmehl, Weizenmehl, Maismehl, usw.) signifikant und damit von sicherheitstechnischer Bedeutung für die Praxis sind.

5.7 Erfassungsrichtlinien

Die Erfassungsrichtlinien werden am Beispiel der Staubgruppe Saccharose im **Anhang F** dargestellt. Der entsprechende Datensatz (SSF-Format) ist im Anhang E wiedergegeben.

Die Erfassungsrichtlinien beziehen sich konkret auf die GSBL-Datenstruktur. Es wird detailliert aufgezeigt, welche Angaben für einen vollständigen Datensatz einer Staubgruppe erforderlich sind. Neben den Feldeinträgen zu den Merkmalen der sicherheitstechnischen Kenngrößen gehören auch die Angaben zu den sogenannten Identmerkmalen dazu.

5.8 Vorträge/Veröffentlichungen im Rahmen des Projekts

- **Vortrag,** Sitzung des ProcessNet-Arbeitsausschusses "Sicherheitstechnische Kenngrößen", DECHEMA e.V., Frankfurt am Main, 7. Oktober 2009;

  Thilo Böhme: *Abbildung von STK-Bandbreiten in den Datenbanken CHEMSAFE und GSBL*.

- **Vortrag,** Sitzung des ProcessNet-Arbeitsausschusses "Sicherheitstechnische Kenngrößen", DECHEMA e.V., Frankfurt am Main, 13. April 2010;

  Martin Schmidt, Marc Scheid, Thilo Böhme: *STK-Bandbreiten von Stäuben in der GSBL Datenbank: Zielsetzung und Beispiele*.

- **Zwischenbericht,** BAM, Berlin, 15. April 2010; Autor: Thilo Böhme.

  Zur Beachtung: Inhalt und Aussagen dieses Zwischenberichts werden durch den vorliegenden Abschlussbericht ersetzt; der Zwischenbericht verliert damit seine Gültigkeit.

- **Vortrag,** Berichterstattung vor dem Auftraggeber, BAM, Berlin, 19. April 2010;

  Berichterstatter: Thilo Böhme, Martin Schmidt, Marc Scheid.

- **Vortrag,** 57. Sitzung der AG Fachliches Datenmodell des GSBL, BAM, Berlin, 26. Oktober 2010;

  Thilo Böhme, Martin Schmidt: *Stäube, Staubgruppen, Bandbreiten, Datenstruktur...* .

- **Vortrag,** Sitzung des ProcessNet-Arbeitsausschusses "Sicherheitstechnische Kenngrößen", DECEHMA e.V., Frankfurt am Main, 27. Oktober 2010;

  Martin Schmidt, Thilo Böhme: *Statusbericht GSBL Datenbank: Bandbreiten der Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben*.

- **Vortrag,** Sitzung des ProcessNet-Arbeitsausschusses "Sicherheitstechnische Kenngrößen", DECEHMA e.V., Frankfurt am Main, 31. März 2011;

  Martin Schmidt, Thilo Böhme, Marc Scheid: *GSBL-Projekt STK-Bandbreiten von Stäuben, Sachstandbericht März 2011*.

- **Zweiter Zwischenbericht,** BAM, Berlin, 26. Mai 2011; Autor: Thilo Böhme.

  Zur Beachtung: Inhalt und Aussagen dieses Zwischenberichts werden durch den vorliegenden Abschlussbericht ersetzt; der Zwischenbericht verliert damit seine Gültigkeit.

- **Vortrag,** Berichterstattung vor dem Auftraggeber bzw. GSBL-Begleitkreis, BAM, Berlin, 7. Oktober 2011;

  Berichterstatter: Thilo Böhme, Martin Schmidt, Marc Scheid.

- **Vortrag,** Sitzung des ProcessNet-Arbeitsausschusses "Sicherheitstechnische Kenngrößen", DECHEMA e.V., Frankfurt am Main, 26. Oktober 2011;

  Martin Schmidt: *Kurzbericht zum Sachstand des GSBL-Staubprojekts*.

- **Vortrag,** Behörden-Erfahrungsaustausch, BAM, Berlin, 23. bis 25. April 2012, *Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben - Erarbeitung von Bandbreiten und Integration in den GSBL*

  Martin Schmidt, Marc Scheid, Rainer Mütterlein, Thilo Böhme, Alexander Seifert, Michael Bulin, Klaus-Dieter Wehrstedt.

Anhang A

Definitionen der sicherheitstechnischen Kenngrößen

Die hier präsentierten Definitionen sind für das Verständnis der sicherheitstechnischen Kenngrößen der Stäube von herausragender Bedeutung. Zusammen mit den Erklärungstexten für die einzelnen Datenfelder der GSBL-Datenstruktur (im **Anhang C**) sind die Definitionen Bestandteil der Online-Hilfe des GSBL.

Die Angaben zu den sicherheitstechnischen Kenngrößen sind jeweils wie folgt gegliedert:
(1) Definition, (2) Zusätzliche Information, (3) Messung, (4) Anerkannte Prüfverfahren.

Inhaltsverzeichnis

1 Untere Explosionsgrenze (aufgewirbelter Staub) 31

2 Maximaler Explosions-Überdruck p_{max} (aufgewirbelter Staub) 35

3 K_{St}-Wert (aufgewirbelter Staub) 37

4 Staubexplosionsfähigkeit/Staubexplosionsklasse (aufgewirbelter Staub) 39

5 Mindestzündenergie (aufgewirbelter Staub) 43

6 Zündtemperatur (aufgewirbelter Staub) 47

7 Mindestzündtemperatur (abgelagerter Staub) 51

8 Brennverhalten (abgelagerter Staub) 54

1 Untere Explosionsgrenze (aufgewirbelter Staub)

Definition

Die untere Explosionsgrenze[1] des aufgewirbelten Staubs ist eine sicherheitstechnische Kenngröße, die aussagt, ab welcher Konzentration der betrachtete Staub im Gemisch mit Luft explosionsfähig ist. Bei der Konzentrationsangabe handelt es sich um einen Grenzwert, der unter den betrachteten Bedingungen *kein* explosionsfähiges Mischungsverhältnis beschreibt.

Die untere Explosionsgrenze ist temperatur- und druckabhängig. Ihre Bestimmung erfolgt durch Explosionsversuche, die nach oder in Anlehnung an genormte Verfahren in standardisierten Prüfapparaturen durchgeführt werden. Sofern nicht anders ausgewiesen, beziehen sich angegebene Explosionsgrenzen auf einen Anfangsdruck der Staub/Luft-Gemische von 101,325 kPa und auf eine Anfangstemperatur von 25 °C (Standardbedingungen).

Die **Standardeinheit** der unteren Explosionsgrenze ist **g/m^3** (Gramm pro Kubikmeter; Masse des Staubs bezogen auf das Volumen des Staub/Luft-Gemisches).

Zusätzliche Information

Aufgewirbelte Stäube im Gemisch mit Luft sind für eine bestimmte Temperatur und einen bestimmten Druck nur innerhalb bestimmter Mischungsverhältnisse (ein bestimmter Bereich von Staubkonzentrationen) *explosionsfähig*. Explosionsfähig bedeutet, dass aufgrund vorhandener Zündquellen (Energiezufuhr durch Funke, Flamme, heiße Oberfläche, o. ä.) eine Verbrennungsreaktion im Staub/Luft-Gemisch ausgelöst werden kann, die sich rasant fortpflanzt, ohne dass hierzu ein weiterer Luftzutritt oder eine weitere Energiezufuhr erforderlich ist (selbsterhaltene Reaktion). Gleichzeitig wird ein sprunghafter Anstieg von Druck und Temperatur (oder nur des Drucks) verzeichnet.

Die Gesamtheit aller explosionsfähigen Staubkonzentrationen bildet den sogenannten *Explosionsbereich* des betrachteten Staubs. Der Beginn bzw. das Ende dieses Bereichs wird durch die untere und die obere Explosionsgrenze markiert, die selbst aber nicht zum Explosionsbereich gehören. Sie stellen also für die gegebenen Temperatur- und Druckbedingungen keine explosionsfähigen Gemische dar. Aufgrund der Temperatur- und Druckabhängigkeit der Explosionsgrenzen können sich diese verschieben, sobald sich die Anfangsbedingungen Temperatur und Druck ändern. Im Allgemeinen wird bei Stäuben nur die untere Explosionsgrenze bestimmt; alle Konzentrationen oberhalb der unteren Explosionsgrenze gelten als explosionsfähig[2].

Die Zuverlässigkeit der Staubkonzentrationswerte, die als untere Explosionsgrenze angegeben werden, hängt direkt von der Qualität der Homogenität der untersuchten Staub/Luft-Gemische zum Zeitpunkt der Zündung ab. Die Realisierung homogener Gemische ist daher für das Ergebnis der Explosionsgrenzenbestimmung von entscheidender Bedeutung. Zur Durchführung der Zündversuche werden die Stäube in den Reaktionsbehälter eingeblasen. Die hieraus resultierenden Turbulenzen werden ausgenutzt, um den Staub mit der im Behälter befindlichen Luft zu vermischen und ihn für eine gewisse Dauer in der Schwebe zu halten. Die Zündverzögerungszeit, die die Zeit zwischen dem Beginn des Staubeinblasens und dem Auslösen der Zündquelle ist, hat dabei einen wesentlichen Einfluss auf die Stärke der Turbulenz, die zum

[1] Eine veraltete Bezeichnung für Explosionsgrenze ist Zündgrenze.
[2] Im Gegensatz zu brennbaren Stäuben werden für entzündbare Gase und Flüssigkeiten (bzw. deren Dämpfe) grundsätzlich beide Explosionsgrenzen bestimmt und angegeben, also die untere *und* die obere.

Zeitpunkt der Zündung herrscht, und damit auch auf die Homogenität des erzeugten Staub/-Luft-Gemisches.

Die untere Explosionsgrenze hängt im besonderen Maße auch von der physikalischen Beschaffenheit des zu untersuchenden Staubs ab. In diesem Zusammenhang sind in erster Linie die Teilchengröße der Staubpartikel bzw. die Teilchengrößenverteilung sowie der Feuchtegehalt des Staubs zu nennen. Prinzipiell verringert sich der Wert der unteren Explosionsgrenze mit kleiner werdenden Partikeln (feinere Stäube bzw. höherer Feinstaubanteil) und mit abnehmender Feuchte. Ohne nähere Informationen zur physikalischen Beschaffenheit der untersuchten Stäube sind angegebene Explosionsgrenzen im Prinzip nicht interpretierbar. Zur besseren Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen fordert die Richtlinie VDI 2263 daher, dass Stäube im getrockneten Zustand und in abgesiebter Form zu untersuchen sind, so dass die maximale Teilchengröße nicht größer als 63 µm ist. Diese Festlegungen gelten aber nicht zwingend, da Stäube häufig unter Berücksichtigung betrieblicher Bedingungen geprüft werden müssen. Laut der Norm DIN EN 14034-3, die die Prüfbedingungen zur Bestimmung der unteren Explosionsgrenze festlegt, gibt es solche Vorgaben bezüglich Absiebung und Trocknung der Staubproben nicht. Die Norm fordert aber in jedem Fall, dass in den Prüfberichten Informationen zur Teilchengrößenverteilung und zur Feuchte angegeben sind. Nur so bleibt nachvollziehbar, was untersucht wurde.

Messung

Zur Ermittlung der unteren Explosionsgrenze werden **geschlossene** explosionsdruckfeste Behälter benutzt, wie sie auch für die Bestimmung des maximalen Explosionsüberdrucks p_{max} und des maximalen zeitlichen Druckanstiegs $(dp/dt)_{max}$ bzw. des K_{St}-Werts[3] verwendet werden. Eine mögliche Prüfapparatur ist der sogenannte 1-Kubikmeter-Behälter, eine andere Prüfapparatur die sogenannte 20-Liter-Kugel. Als Zündquelle werden im 1-Kubikmeter-Behälter zwei chemische (pyrotechnische) Zünder mit einer Gesamtenergie von 10 kJ eingesetzt (2 × 5 kJ). Demgegenüber beträgt die Zündenergie in der 20-Liter-Apparatur nur 2 kJ (2 × 1 kJ). Bei beiden Prüfapparaturen befindet sich die zu untersuchende Staubprobe in einem Vorratsbehälter, aus dem sie mittels Druckluft in die Explosionskammer eingeblasen und dort gezündet wird. Eine typische Startkonzentration des Staubs in Luft liegt bei mehreren Hundert Gramm pro Kubikmeter.

Die zeitliche Entwicklung des Drucks nach Auslösen der Zündquelle wird über Drucksensoren aufgezeichnet. Das Ergebnis eines Zündversuchs wird erst dann als Explosion bewertet, wenn die Drucksteigerung mindestens 0,5 bar (gemäß VDI 2263-1) bzw. 0,3 bar (gemäß DIN EN 14034-3) bezogen auf den Anfangsdruck beträgt (*Druckschwellenkriterium*). In diesem Fall gilt der Staub in der untersuchten Form (stoffliche Zusammensetzung, Teilchengrößenverteilung, Feuchte, etc.) im Gemisch mit Luft als staubexplosionsfähig und die zugehörige Staubkonzentration ist Teil des Explosionsbereichs. Die Staubkonzentration wird so lange verringert, bis keine Staubexplosionsfähigkeit nachgewiesen wird. Die so ermittelte Staubkonzentration ist die untere Explosionsgrenze.

Näherungsweise lässt sich die untere Explosionsgrenze auch aus den Untersuchungen in der modifizierten Hartmann-Apparatur abschätzen, bei der es sich um ein **offenes** Gefäß handelt (Apparatur wird insbesondere bei der Vorprüfung auf Staubexplosionsfähigkeit gemäß Richtlinie VDI 2263-1 verwendet). Dieses besteht aus einem senkrecht stehenden Glasrohr, dessen oberes Ende mit einem lose aufliegenden Klappdeckel versehen ist. Als Zündquelle dient ein

[3] Der K_{St}-Wert ist der auf ein Volumen von 1 m^3 bezogene maximale zeitliche Druckanstieg $(dp/dt)_{max}$.

Induktionsdauerfunken (ca. 0,2 kVA) oder eine Glühwendel (1200 °C). Die Staubprobe wird auf dem Boden des Rohres angehäuft und mittels eines Luftstoßes aufgewirbelt. Auch hier werden die Zündversuche unter Variation der Staubkonzentration durchgeführt, wobei das Reaktionsverhalten visuell beobachtet wird. Wird eine Flammenausbreitung mit oder ohne Abheben des Deckels festgestellt (*optisches Kriterium*), so gilt das untersuchte Staub/Luft-Gemisch als staubexplosionsfähig und die Staubkonzentration muss weiter reduziert werden, bis die untere Explosionsgrenze erreicht ist. Wird für keine der untersuchten Staubkonzentrationen eine Flammenausbreitung beobachtet, können keine eindeutigen Aussagen bezüglich der Explosionsfähigkeit getroffen werden. In diesem Fall müssen Untersuchungen in einer geschlossenen Apparatur erfolgen.

Anerkannte Prüfverfahren

Die Bestimmung der unteren Explosionsgrenze des aufgewirbelten Staubs wird in der Norm DIN EN 14034-3 beschrieben. Angaben zum Prüfverfahren finden sich auch in der Richtlinie VDI 2263 Blatt 1.

2 Maximaler Explosions-Überdruck p_{max} (aufgewirbelter Staub)

Definition

Der maximale Explosionsüberdruck[4] p_{max} des aufgewirbelten Staubs ist eine sicherheitstechnische Kenngröße, die unter systematischer Veränderung der Staubkonzentration im Gemisch mit Luft unter vorgeschriebenen Prüfbedingungen ermittelt wird. Er ist der höchste aller Explosionsüberdrücke p_{ex}, bezogen auf den Anfangsdruck, und ergibt sich für eine ganz bestimmte Staubkonzentration.

Der maximale Explosionsüberdruck ist von den Anfangsbedingungen Druck und Temperatur abhängig. Sofern nicht anders ausgewiesen, beziehen sich angegebene maximale Explosionsüberdrücke auf einen Anfangsdruck der Staub/Luft-Gemische von 101,325 kPa und auf eine Anfangstemperatur von 25 °C (Standardbedingungen).

Die **Standardeinheit** des maximalen Explosionsüberdrucks ist **bar** (nicht kPa).

Zusätzliche Information

Jede explosionsartig verlaufende Reaktion ist durch einen schnellen Druckanstieg gekennzeichnet, der zu einem bestimmten Explosionsüberdruck p_{ex} führt (höchster Druckwert während der Reaktion). In Abhängigkeit von der Konzentration des betrachteten Staubs im Gemisch mit Luft werden unterschiedliche Werte für p_{ex} erreicht. Der höchste Explosionsüberdruck p_{ex}, der sich für eine ganz bestimmte Staubkonzentration ergibt, wird als maximaler Explosionsüberdruck p_{max} bezeichnet. Zur Auslegung konstruktiver Explosionsschutzmaßnahmen[5] ist er von herausragender Bedeutung. In der Regel ist der maximale Explosionsüberdruck unabhängig vom Volumen des Reaktionsbehälters.

Die Versuche zur Bestimmung des maximalen Explosionsüberdrucks p_{max} werden vorzugsweise in kugelförmigen Behältern mit einem Volumen größer/gleich 20 L durchgeführt. In der Regel erfolgen die Untersuchungen in der sogenannten 20-Liter-Kugel oder im sogenannten 1-Kubikmeter-Behälter. Von der Kugelform abweichende Behältergeometrien führen im Allgemeinen zu niedrigeren Druckwerten. Von besonderer Bedeutung bei den Explosionsversuchen ist das Vorliegen eines hinreichend homogenen Staub/Luft-Gemisches zum Zeitpunkt der Zündung. Dies lässt sich über das Ausnutzen von Turbulenzen im Reaktionsbehälter realisieren, die eine Folge des Staubeinblasens sind und die den Staub für eine gewisse Dauer in der Schwebe halten. Die Zündverzögerungszeit, die die Zeit zwischen dem Beginn des Staubeinblasens und dem Auslösen der Zündquelle ist, hat dabei einen entscheidenden Einfluss auf die Stärke der Turbulenz, die zum Zeitpunkt der Zündung vorhanden ist. Grundsätzlich führen kurze Verzögerungszeiten zu hohen Turbulenzwerten. Die gewählte Zündverzögerungszeit wirkt sich aber nicht nur auf die Stärke der Turbulenz aus. Über die zum Zündzeitpunkt vorhandene Turbulenz wird letztendlich der gesamte Explosionsverlauf beeinflusst. Notwendigerweise wirkt sich dies auch auf die Werte des Explosionsüberdrucks p_{ex} aus. Dieser erreicht für eine gegebene Staubmenge seinen Höchstwert, wenn die Zündung zu dem Zeitpunkt vorgenommen wird, an dem der zu untersuchende Staub aus dem Vorratsbehälter gerade vollständig ausgetragen worden ist. Die entsprechende Zündverzögerungszeit beträgt

---

[4] Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass bei Stäuben die Explosionsdrücke stets als *Über*druck bezogen auf den Anfangsdruck p_0 angegeben werden. In der Regel gilt: p_0 = 101,325 kPa (ca. 1 bar). In anderen wissenschaftlichen Bereichen hingegen werden Drücke als *Absolut*druck dargestellt, wie es beispielsweise für Explosionsversuche mit Brenngas/Luft-Gemischen die Regel ist.

[5] Diese Maßnahmen sind: Explosionsfeste Bauweise, Explosionsdruckentlastung und Explosionsunterdrückung.

etwa 0,6 s im 1-Kubikmeter-Behälter. Aus diesem Grund ist für alle Explosionsversuche, die in dieser Prüfapparatur durchgeführt werden, die Zündverzögerungszeit auf 0,6 s festgelegt. Um für Explosionsversuche in der 20-Liter-Kugel vergleichbare Prüfergebnisse zu erzielen, beträgt sie hier 0,06 s.

Es ist zu beachten, dass auch die Teilchengröße der Staubpartikel bzw. die Teilchengrößenverteilung sowie der Feuchtegehalt das Prüfergebnis beeinflussen: Der maximale Explosionsüberdruck nimmt mit abnehmender Teilchengröße (feinere Stäube bzw. höherer Feinstaubanteil) und mit abnehmendem Feuchtegehalt zu. Ohne nähere Informationen zur physikalischen Beschaffenheit der untersuchten Stäube sind angegebene maximale Explosionsüberdrücke im Prinzip nicht interpretierbar. Zur besseren Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen fordert die Richtlinie VDI 2263 daher, dass Stäube im getrockneten Zustand und in abgesiebter Form zu untersuchen sind, so dass die maximale Teilchengröße nicht größer als 63 µm ist. Diese Festlegungen gelten aber nicht zwingend, da Stäube häufig unter Berücksichtigung betrieblicher Bedingungen geprüft werden müssen. Laut der Norm DIN EN 14034-1, die die Prüfbedingungen zur Bestimmung des maximalen Explosionsüberdrucks p_{max} festlegt, gibt es solche Vorgaben bezüglich Absiebung und Trocknung der Staubproben nicht. Die Norm fordert aber in jedem Fall, dass in den Prüfberichten Informationen zur Teilchengrößenverteilung und zur Feuchte angegeben sind. Nur so bleibt nachvollziehbar, was untersucht wurde.

Messung

Zur Ermittlung des maximalen Explosionsüberdrucks p_{max} werden geschlossene explosionsdruckfeste Behälter benutzt. Zum überwiegenden Teil findet in der Praxis die sogenannte 20-Liter-Kugel Verwendung. Eine andere mögliche Prüfapparatur ist der sogenannte 1-Kubikmeter-Behälter. In beiden Prüfapparaturen werden zwei chemische (pyrotechnische) Zünder mit einer Gesamtenergie von 10 kJ (2 × 5 kJ) als Zündquelle eingesetzt. Die Zeit zwischen dem Beginn des Staubeinblasens und dem Auslösen der Zündquelle beträgt in der 20-Liter-Apparatur 0,06 s, im 1-Kubikmeter-Behälter 0,6 s.

Bei beiden Prüfapparaturen befindet sich die zu untersuchende Staubprobe in einem Vorratsbehälter, aus dem sie mittels Druckluft in die Explosionskammer eingeblasen wird. Die einzelnen Zündversuche erfolgen unter Variation der Staubkonzentration über einen weiten Bereich; gegebenenfalls überschreitet die Staubkonzentration dabei den Wert von 1000 g/m^3. Für jeden einzelnen Zündversuch wird über Drucksensoren die zeitliche Entwicklung des Drucks aufgezeichnet. Aus den erhaltenen Druck/Zeit-Kurven lassen sich dann die jeweiligen Werte des Explosionsüberdrucks p_{ex} (höchster Druck während der Explosion) bestimmen. Der höchste Wert aller ermittelten Explosionsüberdrücke p_{ex} ist schließlich der maximale Explosionsüberdruck p_{max}.

Anerkannte Prüfverfahren

Das Prüfverfahren zur Bestimmung des maximalen Explosionsüberdrucks p_{max} des aufgewirbelten Staubs ist in der Norm DIN EN 14034-1 beschrieben. Angaben zum Prüfverfahren finden sich auch in der Richtlinie VDI 2263 Blatt 1.

3 K_{St}-Wert (aufgewirbelter Staub)

Definition

Der K_{St}-Wert[6] ist eine sicherheitstechnische Kenngröße des aufgewirbelten Staubs, die unter systematischer Veränderung der Staubkonzentration im Gemisch mit Luft unter vorgeschriebenen Prüfbedingungen ermittelt wird. Der K_{St}-Wert ist der auf ein geschlossenes Volumen von 1 m^3 bezogene maximale zeitliche Druckanstieg[7] $(dp/dt)_{max}$, wie er im Falle einer Staubexplosion auftreten könnte. Er ergibt sich für eine ganz bestimmte Staubkonzentration.

Der K_{St}-Wert ist temperatur- und druckabhängig. Sofern nicht anders ausgewiesen, beziehen sich angegebene K_{St}-Werte auf einen Anfangsdruck der Staub/Luft-Gemische von 101,325 kPa und auf eine Anfangstemperatur von 25 °C (Standardbedingungen).

Die **Standardeinheit** des K_{St}-Werts ist **bar m s^{-1}**.

Zusätzliche Information

Jede explosionsartig verlaufende Reaktion ist durch einen schnellen Druckanstieg gekennzeichnet, der zu einem bestimmten Explosionsüberdruck p_{ex} führt (höchster Überdruck während der Reaktion). Aus dem Explosionsüberdruck, der in geschlossenen Behältern bestimmt wird, und aus der Zeitdifferenz zwischen Zündung und Erreichen dieses Drucks ließe sich der *mittlere* zeitliche Druckanstieg berechnen. Sicherheitstechnisch relevanter ist jedoch der *höchste* zeitliche Druckanstieg $(dp/dt)_{ex}$, der innerhalb der Zeitspanne zwischen Zündung und dem Erreichen des Explosionsüberdrucks p_{ex} durchlaufen wird.

In Abhängigkeit von der Staubkonzentration im Gemisch mit Luft ergeben sich jeweils unterschiedliche Werte für p_{ex} und $(dp/dt)_{ex}$. Ihre Maximalwerte werden als maximaler Explosionsüberdruck p_{max} bzw. als maximaler zeitlicher Druckanstieg $(dp/dt)_{max}$ bezeichnet und gelten für ganz bestimmte Staubkonzentrationen[8]. Beide Maximalwerte sind wichtige sicherheitstechnische Kenngrößen, die bei der Auslegung konstruktiver Explosionsschutzmaßnahmen[9] eine bedeutende Rolle spielen.

Während der maximale Explosionsüberdruck p_{max} in der Regel nicht vom Volumen des Reaktionsbehälters abhängig ist, muss die Volumenabhängigkeit bei $(dp/dt)_{max}$ beachtet werden. Zum Zwecke der Vergleichbarkeit von $(dp/dt)_{max}$-Werten, die unter Verwendung von Reaktionsbehältern mit unterschiedlichen Volumina bestimmt wurden, werden diese in eine volumenunabhängige Form umgerechnet. Mit Hilfe des kubischen Gesetzes[10] erfolgt diese Umrechnung durch Multiplikation von $(dp/dt)_{max}$ mit der dritten Wurzel des Volumens des Reaktionsbehälters[11] ($V^{1/3}$). Es resultiert eine Konstante, die als K_{St}-Wert bezeichnet wird:

$$K_{St} = (dp/dt)_{max}\, V^{1/3}.$$

---

[6] Synonym: K_{max}. Bei K_{St} verdeutlicht der Index "St", dass es sich um eine sicherheitstechnische Kenngröße der Stäube handelt. In Analogie hierzu gibt es für entzündbare Gase und Flüssigkeiten (bzw. deren Dämpfe) den K_G-Wert.

[7] Dies kann als Maß für die Heftigkeit einer Explosion betrachtet werden.

[8] Die zu p_{max} und $(dp/dt)_{max}$ zugehörigen Staubkonzentrationen sind im Allgemeinen nicht identisch.

[9] Diese Maßnahmen sind: Explosionsfeste Bauweise, Explosionsdruckentlastung und Explosionsunterdrückung.

[10] Die Grenzen der Anwendbarkeit des Gesetzes müssen beachtet werden. Die Gültigkeit des Gesetzes ist insbesondere für Reaktionsbehälter mit kugelförmiger Geometrie gegeben.

[11] Die Multiplikation bewirkt eine Normierung; es wird auf das Volumen von 1 m^3 normiert.

Der K_{St}-Wert ist demnach der auf ein Volumen von 1 m^3 bezogene maximale zeitliche Druckanstieg. Der K_{St}-Wert wächst mit größer werdendem Anfangsdruck des Staub/Luft-Gemisches und mit größer werdender Turbulenz bei der Staubaufwirbelung. Eine Übertragung des K_{St}-Werts auf verschiedene Apparategrößen ist streng genommen aber nur bei ähnlichen Geometrien möglich.

Zuverlässige K_{St}-Werte werden erhalten, wenn die Explosionsversuche in einem kugelförmigen Behälter mit einem Volumen größer/gleich 20 L durchgeführt werden. In der Regel erfolgen die Untersuchungen in der sogenannten 20-Liter-Kugel oder im sogenannten 1-Kubikmeter-Behälter. Von der Kugelform abweichende Behältergeometrien führen im Allgemeinen zu anderen K_{St}-Werten.

Auf der Grundlage der Größe des K_{St}-Werts erfolgt dann die Zuordnung der Stäube zu einer der Staubexplosionsklassen St 1, St 2 oder St 3 (aufsteigende Heftigkeit der Explosion).

Von besonderer Bedeutung bei den Explosionsversuchen ist das Vorliegen eines hinreichend homogenen Staub/Luft-Gemisches zum Zeitpunkt der Zündung. Dies lässt sich über das Ausnutzen von Turbulenzen im Reaktionsbehälter realisieren, die eine Folge des Staubeinblasens sind und die den Staub für eine gewisse Dauer in der Schwebe halten. Die Zündverzögerungszeit, die die Zeit zwischen dem Beginn des Staubeinblasens und dem Auslösen der Zündquelle ist, hat dabei einen entscheidenden Einfluss auf die Stärke der Turbulenz, die zum Zeitpunkt der Zündung vorhanden ist. Grundsätzlich führen kurze Verzögerungszeiten zu hohen Turbulenzwerten. Die gewählte Zündverzögerungszeit wirkt sich aber nicht nur auf die Stärke der Turbulenz aus. Über die zum Zündzeitpunkt vorhandene Turbulenz wird letztendlich der gesamte Explosionsverlauf beeinflusst. Notwendigerweise wirkt sich dies auch auf die Werte des höchsten zeitlichen Druckanstiegs $(dp/dt)_{ex}$ und auf die Werte des Explosionsüberdrucks p_{ex} aus. Der Explosionsüberdruck p_{ex} erreicht für eine gegebene Staubmenge seinen Höchstwert, wenn die Zündung zu dem Zeitpunkt vorgenommen wird, an dem der zu untersuchende Staub aus dem Vorratsbehälter gerade vollständig ausgetragen worden ist. Die entsprechende Zündverzögerungszeit beträgt etwa 0,6 s, wenn als Prüfapparatur ein 1-Kubikmeter-Behälter verwendet wird. Ein Verkürzen der Zündverzögerungszeit auf unter 0,6 s, die mit stärkerer Turbulenz einher geht, bewirkt ein weiteres Ansteigen des Werts für den höchsten zeitlichen Druckanstieg $(dp/dt)_{ex}$. Dennoch wird allen Untersuchungen im 1-Kubikmeter-Behälter vereinbarungsgemäß eine Zündverzögerungszeit von 0,6 s zugrunde gelegt.

Es ist zu beachten, dass auch die Teilchengröße der Staubpartikel bzw. die Teilchengrößenverteilung sowie der Feuchtegehalt das Prüfergebnis beeinflussen: Prinzipiell vergrößert sich der K_{St}-Wert mit kleiner werdenden Partikeln (feinere Stäube bzw. höherer Feinstaubanteil) und mit abnehmender Feuchte. Ohne nähere Informationen zur physikalischen Beschaffenheit der untersuchten Stäube sind angegebene K_{St}-Werte im Prinzip nicht interpretierbar. Zur besseren Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen fordert die Richtlinie VDI 2263 daher, dass Stäube im getrockneten Zustand und in abgesiebter Form zu untersuchen sind, so dass die maximale Teilchengröße nicht größer als 63 µm ist. Diese Festlegungen gelten aber nicht zwingend, da Stäube häufig unter Berücksichtigung betrieblicher Bedingungen geprüft werden müssen. Laut der Norm DIN EN 14034-2, die die Prüfbedingungen zur Bestimmung des maximalen zeitlichen Druckanstiegs $(dp/dt)_{max}$ festlegt, gibt es solche Vorgaben bezüglich Absiebung und Trocknung der Staubproben nicht. Die Norm fordert aber in jedem Fall, dass in den Prüfberichten Informationen zur Teilchengrößenverteilung und zur Feuchte angegeben sind. Nur so bleibt nachvollziehbar, was untersucht wurde.

Messung

Zur Ermittlung des K_{St}-Werts werden geschlossene explosionsdruckfeste Behälter benutzt. Zum überwiegenden Teil findet in der Praxis die sogenannte 20-Liter-Kugel Verwendung. Eine andere mögliche Prüfapparatur ist der sogenannte 1-Kubikmeter-Behälter. In beiden Prüfapparaturen werden zwei chemische (pyrotechnische) Zünder mit einer Gesamtenergie von 10 kJ (2 × 5 kJ) als Zündquelle eingesetzt. Die Zeit zwischen dem Beginn des Staubeinblasens und dem Auslösen der Zündquelle beträgt in der 20-Liter-Apparatur 0,06 s, im 1-Kubikmeter-Behälter 0,6 s.

Bei beiden Prüfapparaturen befindet sich die zu untersuchende Staubprobe in einem Vorratsbehälter, aus dem sie mittels Druckluft in die Explosionskammer eingeblasen wird. Die einzelnen Zündversuche erfolgen unter Variation der Staubkonzentration über einen weiten Bereich; gegebenenfalls überschreitet die Staubkonzentration dabei den Wert von 1000 g/m^3. Für jeden einzelnen Zündversuch wird über Drucksensoren die zeitliche Entwicklung des Drucks während der Verbrennungsreaktion aufgezeichnet. Aus den erhaltenen Druck/Zeit-Kurven werden dann die jeweiligen Werte für $(dp/dt)_{ex}$ bestimmt. Diese lassen sich beispielsweise durch das Anlegen von Tangenten ermitteln. Der höchste $(dp/dt)_{ex}$-Wert liefert den maximalen zeitlichen Druckanstieg $(dp/dt)_{max}$, der schließlich zur Berechnung des K_{St}-Werts verwendet wird.

Anerkannte Prüfverfahren

Das Prüfverfahren zur Bestimmung des maximalen zeitlichen Druckanstiegs $(dp/dt)_{max}$, aus dem der K_{St}-Wert berechnet wird, ist in der Norm DIN EN 14034-2 beschrieben. Angaben zum Prüfverfahren finden sich auch in der Richtlinie VDI 2263 Blatt 1.

4 Staubexplosionsfähigkeit/Staubexplosionsklasse (aufgewirbelter Staub)

Definitionen

Staubexplosionsfähigkeit: Die Staubexplosionsfähigkeit ist eine sicherheitstechnische Eigenschaft des aufgewirbelten Staubs, die eine allgemeine Aussage darüber trifft, ob durch Aufwirbeln des Staubs in Luft explosionsfähige Staub/Luft-Gemische gebildet werden können. Diejenigen Stäube, die als explosionsfähig im Gemisch mit Luft gelten, lassen sich mittels geeigneter Prüfmethoden einer *Staubexplosionsklasse* zuordnen.

Staubexplosionsklasse: Die Staubexplosionsklasse ist eine sicherheitstechnische Kenngröße des aufgewirbelten Staubs zur Klassifizierung des zu erwartenden zeitlichen Druckanstiegs einer Explosion, wie er bei dem betrachteten Staub im Gemisch mit Luft im *Extremfall* auftreten könnte. Die Staubexplosionsklasse leitet sich vom K_{St}-Wert des aufgewirbelten Staubs ab, der für Standardbedingungen bestimmt wird (Anfangsdruck des Staub/Luft-Gemisches 101,325 kPa, Anfangstemperatur 25 °C). Die ausgewiesenen Staubexplosionsklassen gelten damit ausschließlich für diese Ausgangsbedingungen.

Es gibt die Staubexplosionsklassen **St 1**, **St 2** und **St 3** (aufsteigende Heftigkeit der Explosion), wobei die Zuordnung der Stäube zu einer der drei Klassen entsprechend der nachstehenden Tabelle erfolgt:

Staubexplosionsklasse	K_{St}-Wert [bar m s^{-1}]
St 1	$0 < K_{St} \leq 200$
St 2	$200 < K_{St} \leq 300$
St 3	$K_{St} > 300$

Zusätzliche Information

Staubexplosionsfähigkeit: Wird ein Staub als explosionsfähig bezeichnet, so soll damit ausgedrückt werden, dass der betrachtete Staub potentiell dazu in der Lage ist, durch Verwirbelung mit Luft explosionsfähige Staub/Luft-Gemische zu bilden. Streng genommen ist also nicht der Staub an sich explosionsfähig sondern erst die durch Aufwirbelung entstehenden Staub/Luft-Gemische ab einer bestimmten Konzentration des Staubs in der Luft. Diese Grenzkonzentration, die überschritten sein muss, wird als untere Explosionsgrenze bezeichnet. Für das Zustandekommen einer Staubexplosion ist zusätzlich die Anwesenheit einer hinreichend starken Zündquelle notwendig (Fremdzündung). Das Auslösen der Explosion kann z. B. durch eine Flamme, eine heiße Oberfläche, einen elektrischen Funken oder aber durch einen mechanischen Schlag- oder Reibfunken erfolgen. Das Auftreten solcher Zündquellen ist in vielen Bereichen nie komplett auszuschließen.

Falls in Tabellenwerken keine expliziten Aussagen zur Explosionsfähigkeit bzw. zur Staubexplosionsklasse vorhanden sind, lässt sich die Staubexplosionsfähigkeit auch aus dem Vorliegen experimentell ermittelter sicherheitstechnischer Kenngrößen ableiten, für deren Bestimmung es notwendig war, den betrachteten Staub im Gemisch mit Luft zur Explosion zu bringen. So gilt beispielsweise das Vorliegen eines konkreten Werts für die oben erwähnte untere Explosionsgrenze als Nachweis für die Explosionsfähigkeit. Die Explosionsfähigkeit gilt ebenso als nachgewiesen, wenn es konkrete Messwerte bezüglich der Mindestzündenergie oder des maximalen Explosionsüberdrucks p_{max} gibt. Liegen hingegen keine konkreten Werte bezüglich der unteren Explosionsgrenze, der Mindestzündenergie bzw. des maximalen Explosionsüberdrucks vor, weil es bei den entsprechenden Prüfungen nicht gelungen ist, eine Explosion herbei zu führen, so ist es in diesen Fällen aber ***nicht*** gerechtfertigt, den Staub als ***nichtexplosionsfähig*** zu beurteilen. Eine solche Aussage könnte fälschlicherweise dahingehend interpretiert werden, dass es vollkommen ausgeschlossen ist, die betrachtete Substanz im staubförmigen Zustand zur Explosion zu bringen. Eine solche Aussage muss aber nicht notwendigerweise korrekt sein. Experimentell wurde die Nichtexplosionsfähigkeit auch gar nicht nachgewiesen. Beispielsweise könnte der Staub bei geringerer Feuchte oder mit einem höheren Feinstaubanteil im Vergleich zum ursprünglich untersuchten Zustand staubexplosionsfähig sein (Feuchtegehalt und Teilchengrößenverteilung sind Parameter des betrachteten Staubs und somit veränderlich). Diese Tatsache bleibt unter Umständen unbekannt, weil die explosionsfähige Teilchengrößenverteilung nicht untersucht wurde. Aus diesem Grund ist es besser, folgende Aussage zu formulieren: "Die Staubexplosionsfähigkeit konnte unter den gegebenen Bedingungen nicht nachgewiesen werden".

Staubexplosionsklasse: Staubexplosionsklassen gelten ausschließlich für Stäube, die durch Aufwirbelung in Luft explosionsfähige Staub/Luft-Gemische bilden können. Mit der Angabe einer Staubexplosionsklasse wird also aufgezeigt, dass eine Staubexplosion unter bestimmten Bedingungen möglich ist. Die Staubexplosionsklasse stellt aber kein Maß für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Staubexplosion dar. Mit der Staubexplosionsklasse werden Informationen dahingehend geliefert, wie die Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes auszulegen sind[12].

Staubexplosionsklassen gelten per Definition ausschließlich für Standardbedingungen (Anfangsdruck, Anfangstemperatur). Dies ist unbedingt zu berücksichtigen, wenn Staubexplosionen unter veränderten Anfangsbedingungen zu erwarten sind. In diesem Zusammenhang ist auch darauf hinzuweisen, dass die K_{St}-Werte —und somit die abgeleiteten Staubexplosionsklassen— in entscheidender Weise von der physikalischen Beschaffenheit der Staubproben abhängig sind. Hier sind insbesondere die Teilchengröße der Staubpartikel bzw. die Teilchengrößenverteilung sowie der Feuchtegehalt zu nennen. Prinzipiell vergrößert sich der K_{St}-Wert mit kleiner werdenden Partikeln (feinere Stäube bzw. höherer Feinstaubanteil) und mit abnehmender Feuchte. Gegebenenfalls müssen Stäube mit höherem Feinstaubanteil und geringerer Feuchte einer höheren Staubexplosionsklasse zugeordnet werden. Hieraus wird auch deutlich, dass nähere Informationen zum untersuchten Staub nötig sind, um die Zuordnung eines Staubs zu einer bestimmten Staubexplosionsklasse richtig interpretieren zu können.

Messung

Die Prüfung auf Explosionsfähigkeit erfolgt vorzugsweise in **geschlossenen** Apparaturen. Eine mögliche Prüfapparatur ist die sogenannten 20-Liter-Kugel, eine andere der 1-Kubikmeter-Behälter. In beiden Apparaturen befindet sich die zu untersuchende Staubprobe in einem Vorratsbehälter, aus dem sie mittels Druckluft in die Explosionskammer eingeblasen wird. Als Zündquelle dienen zwei chemische (pyrotechnische) Zünder. Bei der 20-Liter-Kugel beträgt die Gesamtenergie der Zünder 2 kJ (2 × 1 kJ), im 1-Kubikmeter-Behälter 10 kJ (2 × 5 kJ). Die einzelnen Zündversuche erfolgen unter Variation der Staubkonzentration über einen weiten Bereich; gegebenenfalls überschreitet die Staubkonzentration dabei den Wert von 1000 g/m^3. Das Ergebnis eines Zündversuchs wird erst dann als Explosion bewertet, wenn die Drucksteigerung mindestens 0,5 bar (gemäß VDI 2263-1) bzw. 0,3 bar (gemäß DIN EN 14034-3) bezogen auf den Anfangsdruck beträgt (*Druckschwellenkriterium*). In diesem Fall gilt der Staub in der untersuchten Form (stoffliche Zusammensetzung, Teilchengrößenverteilung, Feuchte, etc.) im Gemisch mit Luft als staubexplosionsfähig.

Ein Schnelltest zur Feststellung der Staubexplosionsfähigkeit ist mit der modifizierten Hartmann-Apparatur möglich. Hierbei handelt es sich um ein **offenes**, vertikal angeordnetes Glasrohr, das am oberen Ende lediglich mit einem lose aufliegenden Klappdeckel verschlossen ist. Eine Dauerfunkenstrecke dient als Zündquelle. Eine Glühwendel wird nur im Bedarfsfall verwendet; im Vergleich zur Dauerfunkenstrecke stellt diese eine stärkere Zündquelle dar. Die Zündversuche erfolgen wiederum unter Variation der Staubkonzentration. Staubexplosionsfähigkeit ist gegeben, wenn mindestens einer der Zündversuche zu einer visuell wahrnehmbaren selbständigen Flammenausbreitung und/oder zu einer Auslenkung des Klappdeckels führt.

[12] Diese Maßnahmen sind: Explosionsfeste Bauweise, Explosionsdruckentlastung und Explosionsunterdrückung.

Die Festlegung der Explosionsklasse erfolgt über den K_{St}-Wert. Dieser wird experimentell in der 20-Liter-Kugel oder im 1-Kubikmeter-Behälter ermittelt, wobei verschiedene Staubkonzentrationen geprüft werden. In beiden Apparaturen beträgt die Gesamtenergie der pyrotechnischen Zünder 10 kJ (2 × 5 kJ). Für jeden einzelnen Zündversuch wird über Drucksensoren die zeitliche Entwicklung des Drucks während der Verbrennungsreaktion aufgezeichnet. Aus den erhaltenen Druck/Zeit-Kurven werden dann die jeweiligen Werte für den höchsten zeitlichen Druckanstieg $(dp/dt)_{ex}$ bestimmt. Der maximale Wert für $(dp/dt)_{ex}$, der sich für eine ganz bestimmte Menge des eingeblasenen Staubs ergibt, wird zur Berechnung des K_{St}-Werts verwendet, auf dessen Basis schließlich die Staubexplosionsklasse festgelegt wird.

In bestimmten Fällen lässt sich die Staubexplosionsklasse auch mit der modifizierten Hartmann-Apparatur (siehe oben) bestimmen. Je nach Heftigkeit der ablaufenden Reaktion des aufgewirbelten Staub/Luft-Gemisches wird der auf dem Glasrohr aufliegende Deckel durch die entstehenden gasförmigen Verbrennungsprodukte unterschiedlich weit aufgeklappt. Für den möglichen Öffnungswinkel sind Bereiche vordefiniert, auf denen die dreistufige digitale Anzeige der Prüfapparatur basiert. Entweder wird "0", "1" oder "2" angezeigt. Anzeige "1" gestattet ein Einstufen in die Staubexplosionsklasse St 1. Die Anzeigen "0" und "2" lassen *keine* Einstufung zu und weitergehende Untersuchungen in geschlossenen Behältern (wie oben beschrieben) sind erforderlich. Eine Ausnahme besteht jedoch für die Anzeige "0": Ist eine Flammenausbreitung durch das Glasrohr wahrnehmbar, so wird dennoch die Einstufung in die Staubexplosionsklasse St 1 vorgenommen.

Anerkannte Prüfverfahren

Das Prüfverfahren zur Bestimmung des maximalen zeitlichen Druckanstiegs $(dp/dt)_{max}$ bzw. des K_{St}-Werts, aus dem die Staubexplosionsklasse des aufgewirbelten Staubs abgeleitet wird, ist in der Norm DIN EN 14034-2 beschrieben. Die Richtlinie VDI 2263 Blatt 1 legt fest, wann ein Staub als staubexplosionsfähig gilt. Ferner wird die Zuordnung der Stäube zu den Staubexplosionsklassen geregelt. Die Richtlinie enthält ebenso Angaben zum Prüfverfahren zur Bestimmung des K_{St}-Werts.

5 Mindestzündenergie (aufgewirbelter Staub)

Definition

Die Mindestzündenergie des aufgewirbelten Staubs ist eine sicherheitstechnische Kenngröße zur Beschreibung des Zündverhaltens von Staub/Luft-Gemischen durch *Funkenentladungen*. Es handelt sich um eine kapazitiv gespeicherte elektrische Energie eines Entladestromkreis, die über eine Funkenstrecke mit möglichst geringen Verlusten in den Zuleitungen bereit gestellt wird.

Die Mindestzündenergie wird unter vorgeschriebenen Prüfbedingungen ermittelt, wobei eine systematische Veränderung der Staubkonzentration im Gemisch mit Luft erfolgt. Bezogen auf die Gesamtheit aller zündfähigen Konzentrationen eines bestimmten Staubs in Luft ist die Mindestzündenergie die kleinste Energie, die zur Entzündung der verschiedenen Staub/Luft-Gemische führt. Das zur niedrigsten Energie zugehörige Gemisch aus Staub und Luft wird als *zündfähigstes* Staub/Luft-Gemisch bezeichnet.

Wenngleich die Mindestzündenergie als ein Einzelwert definiert ist, wird sie meist in logarithmischer Staffelung als Wertepaar (E_1; $E2$) angegeben, z. B. 100 mJ; 1000 mJ. Dies ist messtechnisch bedingt. In der Darstellung als Wertepaar bezeichnet der kleinere Wert E_1 die Energie, bei der keine Entzündung des zündwilligsten Staub/Luft-Gemisches erfolgte und der größere Wert E_2 diejenige Energie, die eine Entzündung bewirkte. Für den tatsächlichen Wert der Mindestzündenergie *MZE* gilt:

$$E_1 < MZE \leq E_2.$$

Sofern nicht anders ausgewiesen, beziehen sich Mindestzündenergien auf einen Anfangsdruck der Staub/Luft-Gemische von 101,325 kPa und auf eine Anfangstemperatur von 25 °C (Standardbedingungen).

Die **Standardeinheit** für die Mindestzündenergie ist **mJ** (Millijoule).

Zusätzliche Information

Die Mindestzündenergie von Staub/Luft-Gemischen beschreibt die Zündwilligkeit aufgewirbelter Stäube: Je kleiner die Mindestzündenergie ist, desto größer ist die Anzahl wirksamer Zündquellen, die den betrachteten Staub in aufgewirbelter Form zur Explosion bringen können. Mit kleinerer Mindestzündenergie steigt folglich die Wahrscheinlichkeit, dass eine solche Zündquelle vorhanden ist (diese Tatsache ist oftmals gar nicht bekannt) und eine Staubexplosion ausgelöst wird.

In Tabellenwerken wird die Staubkonzentration des zündwilligsten Staub/Luft-Gemisches in der Regel nicht angegeben. Entscheidend ist, dass ausgehend von der zündwilligsten Konzentration höhere oder niedrigere Konzentrationen des gleichen Staubs erst bei Energien zünden, die größer sind als die Mindestzündenergie.

Nach dem Konzept der Äquivalentenergie dient die Mindestzündenergie (per Definition eine *elektrische* Energie) der Beurteilung der Zündwirksamkeit elektrostatischer Entladungsvorgänge (hohe Spannungen) und anderer quasi-punktförmiger Zündquellen (z. B. Schlagfunken). In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass Zündungen mittels *chemischer* (pyrotechnischer) Zünder auf einem anderen Mechanismus beruhen (z. B. Zündung mittels soge-

nannter Zündpillen, die chemisch exotherm reagieren und auf diese Weise eine bestimmte Energie (z. B. *Wärme*) für die Zündung der Staubprobe bereitstellen), so dass die hierin involvierten Energien nicht mit denen der elektrischen Funken verglichen werden dürfen. Chemische Zünder werden dennoch zur Bestimmung von Mindestzündenergien verwendet, und zwar dann, wenn sehr hohe Energien zur Zündung der Staub/Luft-Gemische notwendig sind. Dies ist abweichend vom Standard-Prüfverfahren und die ermittelten Mindestzündenergien liegen dann oberhalb 10.000 mJ. Abweichend vom Standard ist auch die Verwendung einer Glühwendel als Zündquelle, die eine Zündenergie von etwa 100.000 mJ bereitstellt.

Üblicherweise werden die Staub/Luft-Gemische mittels *zeitlich gedehnter* Funken gezündet, was durch eine vorhandene *Induktivität* im Entladestromkreis realisiert wird. In Ausnahmefällen wird die Mindestzündenergie auch ohne Induktivität bestimmt. Die hieraus resultierenden zeitlich sehr kurzen Funken führen häufig zu höheren Werten der Mindestzündenergie; eine konservative Gefahrenabschätzung ist mit diesen Energiewerten nur bedingt möglich und eine Kennzeichnung ist für die richtige Interpretation sehr wichtig. Oftmals findet hier die Abkürzung "o. I." Verwendung (Abkürzung für "ohne Induktivität").

Die Mindestzündenergie ist abhängig von der Temperatur und vom Druck des zu untersuchenden Staub/Luft-Gemisches. Mit steigender Temperatur und steigendem Druck verringert sich die Mindestzündenergie (Die Abhängigkeit von der Temperatur ist sehr groß. Dies ist zu beachten, wenn Prozesse bei erhöhter Temperatur ablaufen). Sofern nicht anders angegeben, erfolgen die Prüfungen jedoch bei Raumtemperatur und unter Atmosphärendruck. Weitere Parameter, die einen wesentlichen Einfluss auf die Mindestzündenergie haben, sind die Teilchengröße der Staubpartikel bzw. die Teilchengrößenverteilung sowie der Feuchtegehalt des Staubs. Prinzipiell sinkt die Mindestzündenergie mit kleiner werdenden Teilchen (feinere Stäube bzw. höherer Feinstaubanteil) und mit abnehmender Feuchte.

Ohne nähere Informationen zur physikalischen Beschaffenheit der untersuchten Stäube sind angegebene Mindestzündenergien im Prinzip nicht interpretierbar. Zur besseren Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen fordert die Richtlinie VDI 2263 daher, dass Stäube im getrockneten Zustand und in abgesiebter Form zu untersuchen sind, so dass die maximale Teilchengröße nicht größer als 63 µm ist. Diese Festlegungen gelten aber nicht zwingend, da Stäube häufig unter Berücksichtigung betrieblicher Bedingungen geprüft werden müssen. Laut der Norm DIN EN 13821, in der die Prüfbedingungen zur Bestimmung der Mindestzündenergie festlegt sind, gibt es solche Vorgaben bezüglich der maximalen Teilchengröße und der Trocknung der Staubproben nicht bzw. die Formulierungen haben eher empfehlenden Charakter. Die Norm fordert aber in jedem Fall, dass in den Prüfberichten Informationen zur Teilchengrößenverteilung und zur Feuchte angegeben sind. Nur so bleibt nachvollziehbar, was untersucht wurde.

Messung

Der zu prüfende Staub wird im Prüfbehälter aufgewirbelt und die entstehende Staubwolke dem Entladungsfunken eines Hochspannungskondensators ausgesetzt. Als Prüfbehälter eignen sich die modifizierte Hartmann-Apparatur und geschlossene Apparaturen wie der sogenannte 1-Kubikmeter-Behälter und die 20-Liter-Kugel (vorzugsweise wird die modifizierte Hartmann-Apparatur verwendet). Unter Variation der Staubkonzentration werden die Werte der kapazitiv gespeicherten Energien ermittelt, die das zündwilligste Gemisch aus Staub und Luft zur Zündung bringen. Laut der Norm DIN EN 13821 beinhalten die Prüfbedingungen eine Lufttemperatur im Bereich von 20 °C und 25 °C und einen absoluten Druck im Bereich von 0,8 bar bis 1,1 bar.

Der für die Zündung verwendete Entladestromkreis besteht aus der Ladekapazität C, einem hochohmigen Widerstand R, der Hochspannungsquelle und der Funkenstrecke, in der letztendlich der Entladungsfunken erzeugt wird. Der Entladungsfunke entsteht, indem mit Hilfe eines Hochspannungsgenerators über den Ladewiderstand die Spannung an der Funkenstrecke langsam bis zur Durchbruchspannung U hochgefahren wird. Der Ladewiderstand R muss dabei der Ladekapazität C entsprechend $RC > 0{,}1$ s angepasst sein, damit trotz anliegender Spannungsquelle die Energie während der Entladung auf die Ladeenergie $W = 1/2\ CU^2$ des Stromkreises begrenzt bleibt. Üblicherweise wird die vor der Entladung im Entladestromkreis gespeicherte Energie als Maß für die Funkenenergie genommen. Dies beruht auf der Annahme, dass diese Energie auch nahezu vollständig im Funken umgesetzt wird. Bei anliegender konstanter Ladespannung entsteht eine gleichmäßige zeitliche Folge von Entladungen mit einer Wiederholzeit t von etwa $t = 3\ RC$, die durch Wahl des Ladewiderstands eingestellt werden kann.

Anerkannte Prüfverfahren

Die Bestimmung der Mindestzündenergie des aufgewirbelten Staubs ist in der Norm DIN EN 13821 beschrieben. Angaben zum Prüfverfahren finden sich auch in der Richtlinie VDI 2263 Blatt 1. Hier wird ausgesagt, dass die Ermittlung der Mindestzündenergie in Anlehnung an den VDI-Fortschrittsbericht Nr. 134 "Bestimmung der Mindestzündenergie von Staub/Luft-Gemischen" erfolgt.

6 Zündtemperatur (aufgewirbelter Staub)

Definition

Die Zündtemperatur des aufgewirbelten Staubs[13] ist eine sicherheitstechnische Kenngröße zur Beschreibung des Zündverhaltens von Staub/Luft-Gemischen bei *kurzzeitigem* Kontakt (wenige Sekunden) mit heißen Oberflächen.

Die Zündtemperatur wird unter vorgeschriebenen Prüfbedingungen ermittelt, wobei eine systematische Veränderung der Staubkonzentration im Gemisch mit Luft erfolgt. Bezogen auf die Gesamtheit aller zündfähigen Konzentrationen eines bestimmten Staubs in Luft ist die Zündtemperatur die niedrigste Temperatur einer erhitzten Festkörperoberfläche, die zur Entzündung der verschiedenen Staub/Luft-Gemische führt (Beobachtung einer Flamme und/oder Wahrnehmung eines Knalls bzw. eines Verpuffungsgeräusches). Das zur niedrigsten Temperatur zugehörige Gemisch aus Staub und Luft wird als *zündfähigstes* Staub/Luft-Gemisch bezeichnet.

Die **Standardeinheit** für die Zündtemperatur ist **°C** (Grad Celsius).

Zusätzliche Information

Die Bestimmung der Zündtemperatur erfolgt mit Hilfe einer beheizbaren Festkörperoberfläche, die als Wärmequelle dient. Die Entzündung des Staub/Luft-Gemisches erfolgt allein aufgrund der Temperatur bzw. aufgrund der übertragenen Wärme von der Festkörperoberfläche auf das Gemisch aus Staub und Luft innerhalb eines Zeitfensters von wenigen Sekunden. Zündtemperaturen unterhalb der Raumtemperatur (ca. 25 °C) sind per Definition nicht möglich. Die Entzündung erfordert keinen Funken und keine Flamme (keine Fremdzündung). Wegen des Fehlens solcher Zündquellen wird hier häufig auch von "Selbstentzündung" gesprochen. Dies kann aber zu Missverständnissen führen, da es neben der Zündtemperatur auch die sogenannte *Selbstentzündungstemperatur* gibt. Diese Selbstentzündungstemperatur ist eine sicherheitstechnische Kenngröße des *abgelagerten* Staubs, die das Zündverhalten größerer Staubanhäufungen bei allseitiger Wärmeeinwirkung beschreibt, wenn diese über einen längeren Zeitraum erfolgt (isoperibole Warmlagerung von Staubschüttungen im Drahtkorb unter Berücksichtigung unterschiedlicher Staubvolumina; Dauer der Wärmeeinwirkung: einige Minuten bis mehrere Tage oder sogar Monate). Die Zündtemperatur des aufgewirbelten Staubs steht eher in Analogie zur Zündtemperatur von Gasen und Flüssigkeiten bzw. deren Dämpfen, da hier ebenfalls das Zündverhalten brennbarer Substanzen im Gemisch mit Luft beschrieben wird.

Eine weitere sicherheitstechnische Kenngröße, die klar von der Zündtemperatur des aufgewirbelten Staubs unterschieden werden muss, ist die *Mindestzündtemperatur* des *abgelagerten* Staubs bzw. die Glimmtemperatur[14]. Diese beschreibt das Entzündungsverhalten einer Staubschicht bei längerem einseitigen Kontakt mit heißen Oberflächen in Gegenwart von Luft (Dauer des Kontakts: einige Minuten bis mehrere Stunden).

In Tabellenwerken wird die Staubkonzentration des zündwilligsten Staub/Luft-Gemisches, auf die sich die jeweils ermittelte Zündtemperatur bezieht, in der Regel nicht angegeben. Entscheidend ist, dass ausgehend von der zündwilligsten Konzentration höhere oder niedrigere

[13] Laut DIN EN 50281-2-1 ist die Bezeichnung "Mindestzündtemperatur einer Staubwolke".
[14] Die Bezeichnung Glimmtemperatur findet häufig Verwendung, wenn sich die Mindestzündtemperatur des abgelagerten Staubs auf eine Schichtdicke von 5 mm (Standard) bezieht.

Konzentrationen des gleichen Staubs erst bei höheren Temperaturen zünden. Der chemische Reaktionsmechanismus, der der Entzündung zugrunde liegt, spielt für die Bestimmung der Zündtemperatur keine Rolle. Insofern gibt es keine Beschränkung bezüglich der Art der chemischen Reaktion. Es könnte sich um Verbrennungsreaktionen oder um thermische Zersetzungen handeln[15].

Es ist zu beachten, dass auch die Teilchengröße der Staubpartikel bzw. die Teilchengrößenverteilung sowie der Feuchtegehalt das Prüfergebnis beeinflussen. Ohne nähere Informationen zur physikalischen Beschaffenheit der untersuchten Stäube sind angegebene Zündtemperaturen im Prinzip nicht interpretierbar. Zur besseren Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen fordert die Richtlinie VDI 2263 daher, dass Stäube im getrockneten Zustand und in abgesiebter Form zu untersuchen sind, so dass die maximale Teilchengröße nicht größer als 63 µm ist. Im Gegensatz zur VDI 2263 wird in der Norm DIN EN 50281-2-1 eine maximale Teilchengröße von 71 µm genannt. Die Festlegungen bezüglich Teilchengröße und Trocknung gelten aber nicht zwingend, da Stäube häufig unter Berücksichtigung betrieblicher Bedingungen geprüft werden müssen. Die Norm fordert aber in jedem Fall, dass in den Prüfberichten Informationen zur Teilchengrößenverteilung und zur Feuchte angegeben sind. Nur so bleibt nachvollziehbar, was untersucht wurde.

Messung

Als Prüfapparatur wird in der Norm DIN EN 50281-2-1 der Godbert-Greenwald-Ofen genannt, der aus einem senkrecht stehenden, elektrisch beheizbaren Rohr besteht, in welches die Staubprobe von oben mittels eines veränderbaren Luftstoßes eingeblasen wird. Die maximale Arbeitstemperatur beträgt ca. 850 °C. Neuere Apparaturen sind in der Lage, Temperaturen bis 1000 °C bereit zu stellen. Zur Ermittlung der Zündtemperatur wird die Innenwandtemperatur des Rohrofens erfasst.

Nach der Richtlinie VDI 2263 ist neben dem Godbert-Greenwald-Ofen auch der sogenannte BAM-Ofen für die Bestimmung der Zündtemperatur zugelassen, dessen maximale Betriebstemperatur bei etwa 600 °C liegt. Hier wird der zu untersuchende Staub gegen eine senkrecht stehende Prallfläche geblasen, die die heißeste Stelle im Innern des waagerecht angeordneten Rohrofens ist. Die Temperatur dieser Fläche ist maßgebend für die Zuweisung der Zündtemperatur. Eine Besonderheit des BAM-Ofens besteht darin, dass aufgrund der waagerechten Anordnung der Apparatur eine Ablagerung des Staubs erfolgen kann, wodurch die Bildung sogenannter Schwelgase begünstigt wird. Diese Schwelgase wiederum können dann zu niedrigeren Zündtemperaturen gegenüber der Prüfung im Godbert-Greenwald-Ofen führen.

Ausgangspunkt für die Bestimmung der Zündtemperatur sind in der Regel diejenigen Prüfbedingungen, die zu einer Entzündung führen. Oftmals beinhaltet dies die Aufheizung der Prüfapparatur auf Höchsttemperatur. Bei sinkender Ofentemperatur, die in definierten Temperaturintervallen erfolgt, werden die Prüfungen dann so lange wiederholt, bis keine Entzündung des eingeblasenen Staubs mehr stattfindet. Durch das Einbringen unterschiedlicher Substanzmengen wird während der Prüfserie auch die Probenkonzentration variiert, um das zündwilligste Staub/Luft-Gemisch zu berücksichtigen. Ein weiterer Parameter beim Godbert-Greenwald-Ofen ist der Einblasdruck des Luftstoßes zur Einbringung der Staubprobe.

[15] Mit Verbrennung ist die direkte exotherme Reaktion der Staubpartikel mit dem Sauerstoff der Luft gemeint. Zersetzungsreaktionen hingegen benötigen keinen Sauerstoff; sie können aber ebenso exotherm verlaufen. Eine Flammenerscheinung kann auch auf die Verbrennung von Schwelgasen bzw. anderer Zersetzungsprodukte des Staubs zurückgehen, die aufgrund der Temperatureinwirkung zuvor entstanden sind.

Anerkannte Prüfverfahren

Das Prüfverfahren zur Bestimmung der Zündtemperatur des aufgewirbelten Staubs ist in der Norm DIN EN 50281-2-1 dargestellt, die auf der Norm IEC 61241-2-1 basiert. DIN EN 50281-2-1 bezieht sich ausschließlich auf den Godbert-Greenwald-Ofen als Prüfapparatur.

Angaben zum Prüfverfahren finden sich auch in der Richtlinie VDI 2263 Blatt 1. Hier wird neben dem Godbert-Greenwald-Ofen zusätzlich der BAM-Ofen als mögliche Prüfapparatur beschrieben.

7 Mindestzündtemperatur (abgelagerter Staub)

Definition

Die Mindestzündtemperatur des abgelagerten Staubs[16] ist eine sicherheitstechnische Kenngröße zur Beschreibung des Zündverhaltens von Staubschichten, die über einen Zeitraum von einigen Minuten bis hin zu mehreren Stunden in *einseitigem* Kontakt mit heißen Oberflächen stehen.

Die Mindestzündtemperatur wird unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen ermittelt. Sie ist die niedrigste Temperatur einer erhitzten Festkörperoberfläche, die die darauf präparierte Staubschicht mit der Dicke *h* in Gegenwart von Luft entzündet. Als Entzündung gilt eine sichtbare Flammen- oder Glimmerscheinung oder aber ein bestimmter Temperaturanstieg innerhalb der Staubschicht über die Temperatur der heißen Festkörperoberfläche hinaus, wie er in der angewendeten Prüfvorschrift festgelegt ist.

Die **Standardschichtdicke** des abgelagerten Staubs ist auf die Höhe ***h* = 5 mm** festgelegt[17]. Trotz des existierenden Standards muss für jede Mindestzündtemperatur der Parameter Schichtdicke angegeben werden.

Die **Standardeinheit** der Mindestzündtemperatur ist **°C** (Grad Celsius).

Zusätzliche Information

Die Bestimmung der Mindestzündtemperatur erfolgt mit Hilfe einer beheizbaren Festkörperoberfläche, die als Wärmequelle dient. Die Entzündung der darauf präparierten Staubschicht erfolgt aufgrund der Temperatur bzw. aufgrund der übertragenen Wärme von der Festkörperoberfläche auf den Staub innerhalb des bereitgestellten Zeitfensters. Hierbei ist zu beachten, dass die Mindestzündtemperatur in entscheidendem Maße von der Höhe *h* der betrachteten Staubschicht abhängig ist. Im Allgemeinen gilt: je dicker eine Staubschicht, desto kleiner ist die Mindestzündtemperatur. Die Ursache hierfür liegt insbesondere in der eingeschränkten Wärmedissipation bei dickeren Staubansammlungen und dem daraus resultierenden "Wärmestau". Mindestzündtemperaturen unterhalb der Raumtemperatur (ca. 25 °C) sind per Definition nicht möglich.

Aufgrund der Abhängigkeit der Mindestzündtemperatur von der Dicke der Staubschicht muss dieser Parameter stets aufgeführt werden. Existiert hinsichtlich der Schichtdicke ein Standardwert, wird häufig auf die Angabe des Parameters verzichtet. Im europäischen Raum und darüber hinaus hat sich die Schichtdicke von 5 mm als Standard durchgesetzt, so dass bei angegebenen Mindestzündtemperaturen ohne Nennung der Schichtdicke im Prinzip davon ausgegangen werden kann, dass dieser Standard gilt. In diesem Zusammenhang sei auch erwähnt, dass im deutschsprachigen Raum die Bezeichnung ***Glimmtemperatur*** geläufig ist, womit die Mindestzündtemperatur bezüglich der Standardschichtdicke von 5 mm gemeint ist. Die Glimmtemperatur ist also eine *spezielle*[18] Mindestzündtemperatur.

---

[16] Gemäß DIN EN 50281-2-1 lautet die Bezeichnung der Kenngröße "Mindestzündtemperatur einer Staubschicht". Unabhängig davon wird in bestimmten technischen Bereichen auch die Bezeichnung "Minimale Entzündungstemperatur" verwendet.

[17] Bei einer Schichtdicke von 5 mm wird die Mindestzündtemperatur des abgelagerten Staubs häufig auch als *Glimmtemperatur* bezeichnet.

[18] In diesem Fall ist die Schichtdicke kein Parameter mehr. Die Schichtdicke ist auf 5 mm festgelegt und somit nicht variabel.

Bei schmelzenden oder sich zersetzenden Stäuben lässt sich die Mindestzündtemperatur meist nicht bestimmen. Wird während einer Prüfung festgestellt, dass ein Staub durch Temperaturerhöhung schmilzt, so wird diese Tatsache als Information festgehalten und in Tabellenwerken entsprechend kommuniziert. Die zugehörige Temperatur bleibt dabei oftmals unerwähnt.

Die Mindestzündtemperatur ist klar von der sogenannten S*elbstentzündungstemperatu*r zu unterscheiden. Diese Selbstentzündungstemperatur ist eine sicherheitstechnische Kenngröße des abgelagerten Staubs, die das Zündverhalten größerer Staubanhäufungen bei *allseitiger* Wärmeeinwirkung beschreibt, wenn diese über einen längeren Zeitraum erfolgt (isoperibole Warmlagerung von Staubschüttungen im Drahtkorb unter Berücksichtigung unterschiedlicher Staubvolumina; Dauer der Wärmeeinwirkung: einige Minuten bis mehrere Tage oder sogar Monate). Des Weiteren sei an dieser Stelle die *Zündtemperatur* des aufgewirbelten Staubs erwähnt, die das Zündverhalten von *Staub/Luft-Gemischen* beschreibt, wenn sich diese im *kurzzeitigen* Kontakt mit heißen Oberflächen befinden (Dauer der Wärmeeinwirkung: wenige Sekunden).

Da die Bestimmung von Mindestzündtemperaturen per Definition in Gegenwart von Luft erfolgt, ist die beobachtete Flammen- oder Glimmerscheinung bzw. die nachgewiesene Temperaturerhöhung innerhalb der Staubschicht in den meisten Fällen auf einen oxidativen Umsatz des Staubs mit dem Sauerstoff der Umgebungsluft zurückzuführen. Im Prinzip sind es aber die aus dem Staub austretenden Gase (z. B. Schwelgase oder Lösungsmitteldämpfe), die primär für den Prozess der Entzündung verantwortlich sind. Details zum chemischen Reaktionsmechanismus stellen aber kein Kriterium für die Bestimmung der Mindestzündtemperatur dar. Insofern gibt es auch keine Beschränkung bezüglich der Art der chemischen Reaktion. So könnten auch ausschließlich exotherme Zersetzungsprozesse für die Temperaturerhöhung innerhalb der Staubschicht verantwortlich sein, für die die Anwesenheit von Luft nicht erforderlich ist.

Die Richtlinie VDI 2263 fordert, dass die Untersuchungen zur Bestimmung der Mindestzündtemperatur prinzipiell mit trockenen gesiebten Proben durchzuführen sind. Der Grund hierfür ist, dass neben der Schichtdicke des Staubs auch der Feuchtegehalt und die Teilchengröße der einzelnen Staubpartikel einen wesentlichen Einfluss auf das Prüfergebnis ausüben. Ohne nähere Informationen zur physikalischen Beschaffenheit der untersuchten Stäube sind angegebene Mindestzündtemperaturen im Prinzip nicht interpretierbar. Laut VDI 2263 ist die maximale Teilchengröße auf 250 µm festgelegt. Im Gegensatz dazu wird in der Norm DIN EN 50281-2-1 (1998) eine maximale Teilchengröße von 200 µm genannt. Die Festlegungen bezüglich Teilchengröße und Trocknung gelten aber nicht zwingend, da Stäube häufig unter Berücksichtigung betrieblicher Bedingungen geprüft werden müssen. Die Norm fordert aber in jedem Fall, dass in den Prüfberichten Informationen zur Teilchengrößenverteilung und zur Feuchte angegeben sind. Nur so bleibt nachvollziehbar, was untersucht wurde.

Messung

Die Prüfapparatur besteht aus einer elektrisch beheizbaren kreisförmigen Metallplatte mit Temperaturregelung. Die Höchsttemperatur dieser Heizplatte muss laut Norm DIN EN 50281-2-1 bei mindestens 400 °C liegen. Auf die Metallplatte, die auf die gewünschte Untersuchungstemperatur vorzuheizen ist, wird in kreisrunder Form die zu untersuchende Staubschicht aufgebracht, wobei Vorgaben bezüglich des Durchmessers und der Schichtdicke einzuhalten sind (üblicher Standard ist eine Schichtdicke von 5 mm). Bei konstant gehaltener Plattentemperatur wird nun festgestellt, ob innerhalb einer bestimmten Zeit eine Flammen- oder Glimmerscheinung beobachtet werden kann oder aber ob ein bestimmter Temperaturanstieg innerhalb der Staubschicht zu verzeichnen ist, der über die Temperatur der erhitzten

Heizplatte hinaus geht. Der mögliche Temperaturanstieg innerhalb des Staubs wird über einen entsprechenden Temperaturfühler in der Staubschicht erfasst. Bei negativem Prüfergebnis (keine Flammen- oder Glimmerscheinung bzw. kein signifikanter Temperaturanstieg innerhalb der Staubschicht über die Temperatur der erhitzten Heizplatte hinaus) wird die Plattentemperatur um einen definierten Betrag erhöht und mit frischer Staubprobe ein neuer Versuch vorgenommen.

Anerkannte Prüfverfahren

Das Prüfverfahren zur Bestimmung der Mindestzündtemperatur des abgelagerten Staubs wird in der DIN EN 50281-2-1 (basierend auf der IEC 61241-2-1) beschrieben. Angaben zur Bestimmung der *Glimmtemperatur* (synonym: Mindestzündtemperatur einer Staubschicht mit der Schichtdicke 5 mm) befinden sich auch in der Richtlinie VDI 2263 Blatt 1.

8 Brennverhalten (abgelagerter Staub)

Definition

Das Brennverhalten des abgelagerten Staubs wird über die dimensionslose sicherheitstechnische Kenngröße **Brennzahl** (*BZ*) charakterisiert.

Für die Brennzahl sind die ganzzahligen Werte **1 bis 6** möglich. Mit dem Zahlenwert wird eine Aussage darüber getroffen, ***ob*** ein abgelagerter Staub nach lokaler Einwirkung einer hinreichend starken Zündquelle und bei Anwesenheit von Luft entzündet werden kann und ***wie*** die Ausbreitung des Brandes innerhalb der Staublage verläuft. Die Bedeutung der Zahlenwerte ist in nachstehender Tabelle aufgeführt.

Die Brennzahl wird unter vorgeschriebenen Prüfbedingungen ermittelt. Sofern nicht anders ausgewiesen, beziehen sich Brennzahlen auf eine Anfangstemperatur der Staublage von 25 °C (Standardbedingung).

BZ	**Entzündung und Brennverhalten**	
1	Keine Entzündung	*Keine* Ausbreitung eines Brandes
2	Kurzes Entzünden und rasches Erlöschen	
3	Entzündung und örtliches Brennen oder Glimmen mit höchstens geringer Ausbreitung	
4	Entzündung und Durchglühen ohne Funkenwurf (Glimmbrand) oder langsame flammenlose Zersetzung	Ausbreitung eines Brandes
5	Entzündung und Abbrennen unter Flammenerscheinung oder Funkensprühen	
6	Entzündung und verpuffungsartiges Abbrennen oder rasche flammenlose Zersetzung	

Zusätzliche Information

Die Brennzahl liefert ***keine Information*** darüber, wie leicht bzw. wie schwer es ist, einen bestimmten Staub ***zu entzünden***. Die Brennzahl beschreibt vielmehr das Abbrandverhalten eines Staubs in abgelagerter Form und folgende allgemeingültige Aussage ist möglich: Je höher der Wert der Brennzahl, desto gefährlicher ist der betreffende Staub, sobald er denn in Brand gesetzt wurde. Aufgrund dieses Zusammenhangs stellt die Brennzahl eine wichtige sicherheitstechnische Kenngröße dar, die für die Ausarbeitung von Brandschutzmaßnahmen von Bedeutung ist. Eine Brennzahl mit dem Wert 1 bedeutet aber, dass sich die betrachtete Staubschüttung unter den gegebenen Bedingungen nicht entzünden ließ. Hieraus darf jedoch nicht geschlussfolgert werden, dass der Staub aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung generell zu keiner oxidativen Verbrennungsreaktion mit dem Sauerstoff der Luft fähig ist. So

ist es auch kein Widerspruch, dass ein Staub, der durch die Brennzahl 1 charakterisiert wurde, in aufgewirbelter Form im Gemisch mit Luft explosionsfähig sein kann.

Das Brennverhalten eines Staubs darf nicht mit dessen Entzündbarkeit gleichgesetzt werden, da beide Eigenschaften nicht miteinander gekoppelt sind: Brennbare Stäube können durchaus schwer entzündbar sein und dennoch ein rasantes Abbrandverhalten aufweisen, sobald eine Entzündung des Stoffes stattgefunden hat. Ebenso kann es sein, dass sich Stoffe relativ einfach entzünden lassen, das darauf folgende Abbrennen (nach dem Entfernen der Zündquelle) aber eher langsam bzw. nur unter mäßiger Freisetzung von Wärmeenergie verläuft. In diesem Fall ist die Gefährlichkeit, die von der entzündeten Staubschicht ausgeht, wesentlich geringer als im zuvor beschriebenen Fall. Das bedeutet also, dass es nicht die Entzündbarkeit eines Stoffes ist, die die entscheidende Eigenschaft darstellt, um die von einem Brand ausgehende Gefahr richtig zu beurteilen.

Die Brennzahl eines Staubs wird von einer Reihe von Parametern wie Teilchengröße der Staubpartikel bzw. Teilchengrößenverteilung und Feuchtegehalt maßgeblich beeinflusst. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass stets repräsentative und eindeutig definierte Staubproben untersucht werden. Um die Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse unterschiedlicher Staubproben zu gewährleisten, wird in der VDI-Richtlinie 2263 beispielsweise gefordert, nur getrocknete Proben zu prüfen, die durch Siebung auf eine maximale Teilchengröße von 250 µm begrenzt wurden. Da aber in vielen Fällen Stäube abweichend von diesen Festlegungen bzw. Empfehlungen unter Berücksichtigung betrieblicher Bedingungen geprüft werden, müssen Informationen zur Feuchte und zur Teilchengröße angegeben werden. Ohne Kenntnis dieser Randbedingungen können Brennzahlen im Prinzip nicht richtig interpretiert werden.

Die Brennzahl ist auch von der herrschenden Umgebungstemperatur abhängig. Erfahrungsgemäß nimmt die Brandausbreitung bei Stoffen, die bei Raumtemperatur nur ein schwaches Abbrandverhalten zeigen, mit steigender Temperatur zu, d. h. die Brennzahl wird höher. Aufgrund dieser Temperaturabhängigkeit ist es notwendig, diesen Parameter bei der Angabe einer Brennzahl zu spezifizieren. Hier ist es üblich, die Prüftemperatur als Index anzuhängen (z. B. BZ_{100} für eine Prüftemperatur von 100 °C). Es ist jedoch anzumerken, dass in den meisten Fällen die Brennzahlen von Stäuben für Raumtemperatur bestimmt werden, wobei die Angabe des Index unterbleibt. Bei Fehlen des Index bzw. der Temperaturangabe gilt die Brennzahl also für Raumtemperatur (Standardbedingung).

Messung

Die Prüfung des Staubs erfolgt als ca. 2 cm breite und ca. 4 cm lange Schüttung, die sich auf einer Keramikplatte befindet. Es wird versucht, die Probe mit einem glühenden Platindraht von ca. 1000 °C (elektrisch beheizt) an einem Ende zu entzünden. In Zweifelsfällen kann auch mit einer kleinen Flamme lokal gezündet werden. Ist eine Untersuchung bei erhöhter Probentemperatur gefordert (im allgemeinen 100 °C), kann die Prüfung in einem Trockenschrank durchgeführt werden. Bei schmelzenden Stäuben können weitere Untersuchungen in Mischung mit ***Kieselgur*** notwendig sein.

Die Bewertung des Abbrandverhaltens (Zuweisung einer Brennzahl) erfolgt nach dem Klassifizierungsschema, wie es die in der Definition gezeigte Tabelle (siehe oben) vorgibt.

Anerkannte Prüfverfahren

Allgemeine Angaben bezüglich des Prüfverfahrens zur Charakterisierung des Brennverhaltens des abgelagerten Staubs sind in der Richtlinie VDI 2263 Blatt 1 gegeben (eine europäische Norm ist in Arbeit; Stand der Information: Mai 2011). Als weiterführende Literatur werden hier folgende Schriften aufgeführt:

(1) Lütolf, J.: *"Kurzmethoden zur Prüfung brennbarer Stäube"*, VDI-Berichte Nr. 304, S. 39/46. Düsseldorf: VDI-Verlag 1978.

(2) Expertenkommission für Sicherheit in der chemischen Industrie der Schweiz: *"Sicherheitstests für Chemikalien"*, Basel 1985.

Anhang B

GSBL-Datenstruktur

In den folgenden **drei Tabellen** ist die Datenstruktur dargestellt, die für die Abbildung der Bandbreiten der sicherheitstechnischen Kenngrößen im GSBL realisiert werden muss (GSBL/EXCEL-Tabellenformat).

(1) Feldstruktur der acht neu einzurichtenden Staubgruppen-Merkmale

Hinweis: Für das bereits bestehende GSBL-Merkmal *ERSCHB* "Stoffbeschreibung/-Erscheinungsbild" (blau markiert) ist folgende Änderung notwendig: Die Feldlängenbegrenzung des Feldes *ERSCHB.S* "Stoffbeschreibung/Erscheinungsbild Text" (rot markiert) ist aufzuheben bzw. von 253 auf 2000 zu ändern.

(2) Nachschlagetabelle (beschränkt auf staubrelevanten Teil)

(3) Einheitentabelle (beschränkt auf staubrelevanten Teil)

Feldstruktur der acht neu einzurichtenden Staubgruppenmerkmale

Langbezeichnung	Kurzbezeichnung	Daten-typ	Bereichs-flag	Pflicht-feld	Multi-plizität	Feld-länge	Tabelle	Zulassung für Stoffart	Standard-Einheit	Sub-set	Rolle	Sektion	Verweis	Abschnitt/ Hierarchie	Anweisung	Ziel-tabelle	Index-typ	Fremd-schlüssel	Beschrei-bung	in Kraft
Stoffbeschreibung/Erscheinungsbild	ERSCHB	M			J							MERKMALE			<kom>,<qual>,<nchw>					
Stoffbeschreibung/Erscheinungsbild	ERSCHB.ERSCHB	I			J		T_ERSCHB					MERKMALE								
Stoffbeschreibung/Erscheinungsbild Text	ERSCHB.S	S				2000						MERKMALE								
Untere Explosionsgrenze, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)	STUEG	M						3				MERKMALE			<kom>,<qual>,<nchw>					
Minimaler Messwert	STUEG.MIN	W		J			EIN		DENSLIST:6			MERKMALE			<wert>					
Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert	STUEG.MINB	I		J		20	T_STAUBB					MERKMALE								J
Maximaler Messwert	STUEG.MAX	W		J			EIN		DENSLIST:6			MERKMALE			<wert>					
Methode	STUEG.M	I		J		20	T_STAUBM					MERKMALE								J
Bemerkungen	STUEG.TXT	S				2000						MERKMALE								
Maximaler Explosions-Überdruck, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)	STPMAX	M						3				MERKMALE			<kom>,<qual>,<nchw>					
Minimaler Messwert	STPMAX.MIN	W		J			EIN		PRESLIST:1			MERKMALE			<wert>					
Maximaler Messwert	STPMAX.MAX	W		J			EIN		PRESLIST:1			MERKMALE			<wert>					
Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert	STPMAX.MAXB	I		J		20	T_STAUBB					MERKMALE								J
Methode	STPMAX.M	I		J		20	T_STAUBM					MERKMALE								J
Bemerkungen	STPMAX.TXT	S				2000						MERKMALE								
K_ST-Wert, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)	STKST	M						3				MERKMALE			<kom>,<qual>,<nchw>					
Minimaler Messwert	STKST.MIN	W		J			EIN		KSTLIST:1			MERKMALE			<wert>					
Maximaler Messwert	STKST.MAX	W		J			EIN		KSTLIST:1			MERKMALE			<wert>					
Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert	STKST.MAXB	I		J		20	T_STAUBB					MERKMALE								J
Methode	STKST.M	I		J		20	T_STAUBM					MERKMALE								J
Bemerkungen	STKST.TXT	S				2000						MERKMALE								
Staubexplosionsfähigkeit/Staubexplosionsklasse, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)	STEXKL	M						3				MERKMALE			<kom>,<qual>,<nchw>					
Staubexplosionsfähigkeit	STEXKL.STEXF	I		J		20	T_STAUBEXF					MERKMALE								J
Anzahl explosionsfähiger Stäube	STEXKL.NPOS	I		J		10						MERKMALE			<wert>					
Anzahl der Stäube, die nicht zur Explosion gebracht werden konnten	STEXKL.NNEG	I		J		10						MERKMALE			<wert>					
Explosionsklasse, minimaler Wert	STEXKL.MIN	I		J		10	T_STAUBEKL					MERKMALE			<wert>					
Explosionsklasse, maximaler Wert	STEXKL.MAX	I		J		10	T_STAUBEKL					MERKMALE			<wert>					
Belastbarkeit des maximalen Werts als Grenzwert	STEXKL.MAXB	I		J		20	T_STAUBB					MERKMALE								J
Methode	STEXKL.M	I		J		20	T_STAUBM					MERKMALE								J
Bemerkungen	STEXKL.TXT	S				2000						MERKMALE								

Feldstruktur der acht neu einzurichtenden Staubgruppenmerkmale

Langbezeichnung	Kurzbezeichnung	Daten-typ	Bereichs-flag	Pflicht-feld	Multi-plizität	Feld-länge	Tabelle	Zulassung für Stoffart	Standard-Einheit	Sub-set	Rolle	Sektion	Verweis	Abschnitt/ Hierarchie	Anweisung	Ziel-tabelle	Index-typ	Fremd-schlüssel	Beschrei-bung	in Kraft
Mindestzündenergie, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)	STMZE	M						3				MERKMALE			<kom>,<qual>,<nchw>					
Mindestzündenergie	STMZE.STMZE	W		J			EIN		ENGYLIST:3			MERKMALE			<wert>					
Belastbarkeit der Angabe zur Mindestzündenergie	STMZE.STMZEB	I		J		20	T_STAUBB					MERKMALE								J
Niedrigste Energie, die nachweislich Explosion ergab	STMZE.MINPOS	W					EIN		ENGYLIST:3			MERKMALE			<wert>					
Höchste Energie, die nachweislich keine Explosion ergab	STMZE.MAXNEG	W					EIN		ENGYLIST:3			MERKMALE			<wert>					
Methode	STMZE.M	I		J		20	T_STAUBM					MERKMALE								J
Bemerkungen	STMZE.TXT	S				2000						MERKMALE								
Zündtemperatur, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)	STZT	M						3				MERKMALE			<kom>,<qual>,<nchw>					
Minimaler Messwert	STZT.MIN	W		J			EIN		TEMPLIST:2			MERKMALE			<wert>					
Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert	STZT.MINB	I		J		20	T_STAUBB					MERKMALE								J
Maximaler Messwert	STZT.MAX	W		J			EIN		TEMPLIST:2			MERKMALE			<wert>					
Höchste Abbruchtemperatur	STZT.X	W					EIN		TEMPLIST:2			MERKMALE			<wert>					
Methode	STZT.M	I		J		20	T_STAUBM					MERKMALE								J
Bemerkungen	STZT.TXT	S										MERKMALE								
Mindestzündtemperatur, Staubgruppe (abgelagerter Staub)	STMZT	M			J			3				MERKMALE			<kom>,<qual>,<nchw>					
Dicke der Staubschichten (Parameter)	STMZT.H	W		J			EIN		LENGLIST:4			MERKMALE			<wert>					
Minimaler Messwert	STMZT.MIN	W		J			EIN		TEMPLIST:2			MERKMALE			<wert>					
Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert	STMZT.MINB	I		J		20	T_STAUBB					MERKMALE								J
Maximaler Messwert	STMZT.MAX	W		J			EIN		TEMPLIST:2			MERKMALE			<wert>					
Höchste Abbruchtemperatur	STMZT.X	W					EIN		TEMPLIST:2			MERKMALE			<wert>					
Hinweis bzgl. Schmelzen	STMZT.SCHM	I				20	T_STAUBSCHM					MERKMALE								J
Anzahl geschmolzener Stäube	STMZT.NSCHM	I				10						MERKMALE			<wert>					
Methode	STMZT.M	I		J		20	T_STAUBM					MERKMALE								J
Bemerkungen	STMZT.TXT	S										MERKMALE								
Brennverhalten, Staubgruppe (abgelagerter Staub)	STBZ	M			J			3				MERKMALE			<kom>,<qual>,<nchw>					
Ausgangstemperatur der Staubschichten (Parameter)	STBZ.T	W		J			EIN		TEMPLIST:2			MERKMALE			<wert>					
Minimaler Wert der Brennzahl	STBZ.MIN	I		J		10	T_STAUBZ					MERKMALE			<wert>					
Maximaler Wert der Brennzahl	STBZ.MAX	I		J		10	T_STAUBZ					MERKMALE			<wert>					
Belastbarkeit des maximalen Werts als Grenzwert	STBZ.MAXB	I		J		20	T_STAUBB					MERKMALE								J
Methode	STBZ.M	I		J		20	T_STAUBM					MERKMALE								J
Bemerkungen	STBZ.TXT	S										MERKMALE								

Nachschlagetabellen (beschränkt auf staubrelevanten Teil)

Tabelle	Nummer	Text	Weiterer Text	Anweisung
T_STAR	1	Einzelinhaltsstoff	(Literaturstoff)	
T_STAR	2	Komponentenstoff	(Gemisch)	
T_STAR	3	Stoffklasse		
T_SKTYP	1	Regelwerk	gesetzliche Regelung	
T_SKTYP	2	chemische Stoffklasse	chemische Stoffklasse	
T_SKTYP	3	Klassifizierung nach Verwendungszweck	Klassifizierung nach Verwendungszweck	
T_SKTYP	4	Staubgruppe	Klassifizierung für Ex-Stäube	
T_STAUBB	1	Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.		
T_STAUBB	2	Angegebener Wert ist als Grenzwert nicht sicher, d.h. wahrer Grenzwert ist möglicherweise kleiner.		
T_STAUBB	3	Angegebener Wert ist als Grenzwert nicht sicher, d.h. wahrer Grenzwert ist möglicherweise größer.		
T_STAUBB	4	Angegebener Wert ist als Grenzwert äußerst unsicher (Gründe können vielfältig sein, z.B. Umfang auswertbarer Daten sehr gering).		
T_STAUBB	5	Angabe gilt als zuverlässig.		
T_STAUBB	6	Angabe ist nicht sicher, d.h. wahrer Zahlenwert ist möglicherweise kleiner als der angegebene Wert.		
T_STAUBB	7	Angabe ist nicht sicher, d.h. wahrer Zahlenwert ist möglicherweise größer als der angegebene Wert.		
T_STAUBB	8	Angabe ist äußerst unsicher (Gründe können vielfältig sein, z.B. Umfang auswertbarer Daten sehr gering).		
T_STAUBB	9	siehe Bemerkung		
T_STAUBM	1	Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten-Team.		
T_STAUBSCHM	1	Schmelzen des Staubs im Einzelfall.		
T_STAUBSCHM	2	Alle untersuchten Stäube sind geschmolzen.		
T_STAUBEXF	1	Staubexplosionsfähigkeit ist innerhalb der Gruppe prinzipiell gegeben.		
T_STAUBEXF	2	Für alle untersuchten Stäube konnte die Staubexplosionsfähigkeit nicht nachgewiesen werden.		
T_STAUBEKL	1	St 1	Staubexplosionsklasse	
T_STAUBEKL	2	St 2	Staubexplosionsklasse	
T_STAUBEKL	3	St 3	Staubexplosionsklasse	
T_STAUBZ	1	BZ 1	Brennzahl	
T_STAUBZ	2	BZ 2	Brennzahl	
T_STAUBZ	3	BZ 3	Brennzahl	
T_STAUBZ	4	BZ 4	Brennzahl	
T_STAUBZ	5	BZ 5	Brennzahl	
T_STAUBZ	6	BZ 6	Brennzahl	

Einheitentabelle (beschränkt auf staubrelevanten Teil)

Tabelle	Kommentar	Nummer	Einheit	Um-rechnungs-typ	Um-rechnungs-faktor	Konstante	Anweisung
KSTLIST	dust kst-value	1	bar*m*s^-1	0	1	1	

Anhang C

Erklärungstexte für die Datenfelder

Die Erklärungstexte sind für den Nutzer des GSBL wichtig, um die verschiedenen Feldinhalte, die als Ergebnis einer Recherche angezeigt werden, richtig interpretieren zu können. Zusammen mit den Definitionen der sicherheitstechnischen Kenngrößen (im **Anhang A**) sind die Erklärungstexte Bestandteil der Online-Hilfe des GSBL.

Inhaltsverzeichnis

1. Merkmal: Untere Explosionsgrenze, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub) 67

1.1. Feld: Minimaler Messwert 67
1.2. Feld: Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert 67
1.3. Feld: Maximaler Messwert 67
1.4. Feld: Methode 67
1.5. Feld: Bemerkungen 68

2. Merkmal: Maximaler Explosions-Überdruck, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub). 69

2.1. Feld: Minimaler Messwert 69
2.2. Feld: Maximaler Messwert 69
2.3. Feld: Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert 69
2.4. Feld: Methode 69
2.5. Feld: Bemerkungen 69

3. Merkmal: K_{St}-Wert, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub) 70

3.1. Feld: Minimaler Messwert 70
3.2. Feld: Maximaler Messwert 70
3.3. Feld: Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert 70
3.4. Feld: Methode 70
3.5. Feld: Bemerkungen 70

4. Merkmal: Staubexplosionsfähigkeit/Staubexplosionsklasse, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub) 71

4.1. Feld: Staubexplosionsfähigkeit 71
4.2. Feld: Anzahl explosionsfähiger Stäube 71
4.3. Feld: Anzahl der Stäube, die nicht zur Explosion gebracht werden konnten 71
4.4. Feld: Explosionsklasse, minimaler Wert 71
4.5. Feld: Explosionsklasse, maximaler Wert 71
4.6. Feld: Belastbarkeit des maximalen Werts als Grenzwert 72
4.7. Feld: Methode 72
4.8. Feld: Bemerkungen 72

5. Merkmal: Mindestzündenergie, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub) 73

5.1. Feld: Mindestzündenergie 73
5.2. Feld: Belastbarkeit der Angabe zur Mindestzündenergie 73
5.3. Feld: Niedrigste Energie, die nachweislich Explosion ergab 73
5.4. Feld: Höchste Energie, die nachweislich keine Explosion ergab 73
5.5. Feld: Methode 74
5.6. Feld: Bemerkungen 74

6. Merkmal: Zündtemperatur, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub) 75

6.1. Feld: Minimaler Messwert 75
6.2. Feld: Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert 75
6.3. Feld: Maximaler Messwert 75
6.4. Feld: Höchste Abbruchtemperatur 75
6.5. Feld: Methode 76
6.6. Feld: Bemerkungen 76

7. Merkmal: Mindestzündtemperatur, Staubgruppe (abgelagerter Staub) 77

7.1. Feld: Dicke der Staubschichten (Parameter) 77
7.2. Feld: Minimaler Messwert 77
7.3. Feld: Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert 77
7.4. Feld: Maximaler Messwert 77
7.5. Feld: Höchste Abbruchtemperatur 77
7.6. Feld: Hinweis bezüglich Schmelzen 78
7.7. Feld: Anzahl geschmolzener Stäube 78
7.8. Feld: Methode 78
7.9. Feld: Bemerkungen 78

8. Merkmal: Brennverhalten, Staubgruppe (abgelagerter Staub) 79

8.1. Feld: Ausgangstemperatur der Staubschichten (Parameter) 79
8.2. Feld: Minimaler Messwert 79
8.3. Feld: Maximaler Messwert 79
8.4. Feld: Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert 79
8.5. Feld: Methode 79
8.6. Feld: Bemerkungen 80

1. Merkmal: Untere Explosionsgrenze, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)

1.1. Feld: Minimaler Messwert

Die einzelnen Stäube der Staubgruppe weisen aufgrund ihrer Verschiedenartigkeit (physikalische Beschaffenheit, enthaltene Begleitstoffe, Verunreinigungen usw.) unterschiedliche Werte für die untere Explosionsgrenze auf. Der minimale Messwert ist der kleinste Wert aller verfügbaren unteren Explosionsgrenzen innerhalb der Staubgruppe, der maximale Messwert der größte Wert.

Der minimale Messwert und der maximale Messwert bilden die Grenzwerte der Bandbreite der unteren Explosionsgrenze (es ist nicht der Explosionsbereich zwischen der unteren und der oberen Explosionsgrenze gemeint); der minimale Messwert ist hierbei der sicherheitstechnisch relevante Grenzwert. Staubkonzentrationen oberhalb der unteren Explosionsgrenze werden als explosionsfähig betrachtet. Die obere Explosionsgrenze ist für Stäube im Allgemeinen nicht festlegbar bzw. bestimmbar.

Es ist zu beachten, dass die angegebenen Grenzwerte der unteren Explosionsgrenze von der zugrunde liegenden Datenbasis abhängen. Diese ist beschränkt.

1.2. Feld: Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert

Die Belastbarkeit liefert eine Aussage, ob es wahrscheinlich ist, dass ein noch nicht untersuchter Staub, der der Beschreibung der betrachteten Staubgruppe entspricht, mit seiner unteren Explosionsgrenze den angegebenen minimalen Messwert —also den sicherheitstechnisch relevanten Grenzwert— unterschreitet. Eine Schlussfolgerung dahingehend, wo die untere Explosionsgrenze des noch nicht untersuchten Staubs liegt, ist nicht möglich.

Die Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert wird von einem Staubexperten eingeschätzt (3-stufiges Ranking). Diese Einschätzung erfolgt anhand der Daten, die für die Auswertung zur Verfügung stehen (Anzahl und Streuung der Werte innerhalb der Gruppe, Korngrößenverteilung der Stäube usw.), insbesondere aber auf der Grundlage langjähriger Erfahrungen.

1.3. Feld: Maximaler Messwert

gleicher Text wie unter 1.1

1.4. Feld: Methode

Die Aussagen zur Methode geben Auskunft darüber, wie die Daten zur Bandbreite (minimaler/maximaler Messwert) ermittelt wurden.

1.5. Feld: Bemerkungen

Die Bemerkungen dienen dazu, auf bestimmte Besonderheiten einzugehen, die für die Interpretation der Bandbreite (minimaler/maximaler Messwert) von Bedeutung sind.

2. Merkmal: Maximaler Explosions-Überdruck, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)

2.1. Feld: Minimaler Messwert

Die einzelnen Stäube der Staubgruppe weisen aufgrund ihrer Verschiedenartigkeit (physikalische Beschaffenheit, enthaltene Begleitstoffe, Verunreinigungen usw.) unterschiedliche Werte für den maximalen Explosionsüberdruck auf. Der minimale Messwert ist der kleinste Wert aller verfügbaren maximalen Explosionsüberdrücke innerhalb der Staubgruppe, der maximale Messwert der größte Wert.

Der minimale Messwert und der maximale Messwert bilden die Grenzwerte der Bandbreite des maximalen Explosionsüberdrucks; der maximale Messwert ist hierbei der sicherheitstechnisch relevante Grenzwert. Es ist zu beachten, dass die angegebenen Grenzwerte von der zugrunde liegenden Datenbasis abhängen. Diese ist beschränkt.

2.2. Feld: Maximaler Messwert

gleicher Text wie unter 2.1

2.3. Feld: Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert

Die Belastbarkeit liefert eine Aussage, ob es wahrscheinlich ist, dass ein noch nicht untersuchter Staub, der der Beschreibung der betrachteten Staubgruppe entspricht, mit seinem maximalen Explosionsüberdruck den angegebenen maximalen Messwert —also den sicherheitstechnisch relevanten Grenzwert— überschreitet. Eine Schlussfolgerung dahingehend, wie groß der maximale Explosionsüberdruck des noch nicht untersuchten Staubs ist, ist nicht möglich.

Die Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert wird von einem Staubexperten eingeschätzt (3-stufiges Ranking). Diese Einschätzung erfolgt anhand der Daten, die für die Auswertung zur Verfügung stehen (Anzahl und Streuung der Werte innerhalb der Gruppe, Korngrößenverteilung der Stäube usw.), insbesondere aber auf der Grundlage langjähriger Erfahrungen.

2.4. Feld: Methode

Die Aussagen zur Methode geben Auskunft darüber, wie die Daten zur Bandbreite (minimaler/maximaler Messwert) ermittelt wurden.

2.5. Feld: Bemerkungen

Die Bemerkungen dienen dazu, auf bestimmte Besonderheiten einzugehen, die für die Interpretation der Bandbreite (minimaler/maximaler Messwert) von Bedeutung sind.

3. Merkmal: K_{St}-Wert, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)

3.1. Feld: Minimaler Messwert

Die einzelnen Stäube der Staubgruppe weisen aufgrund ihrer Verschiedenartigkeit (physikalische Beschaffenheit, enthaltene Begleitstoffe, Verunreinigungen usw.) unterschiedliche K_{St}-Werte auf. Der minimale Messwert ist der kleinste Wert aller verfügbaren K_{St}-Werte innerhalb der Staubgruppe, der maximale Messwert der größte Wert.

Der minimale Messwert und der maximale Messwert bilden die Grenzwerte der Bandbreite des K_{St}-Werts; der maximale Messwert ist hierbei der sicherheitstechnisch relevante Grenzwert. Es ist zu beachten, dass die angegebenen Grenzwerte von der zugrunde liegenden Datenbasis abhängen. Diese ist beschränkt.

3.2. Feld: Maximaler Messwert

gleicher Text wie unter 3.1

3.3. Feld: Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert

Die Belastbarkeit liefert eine Aussage, ob es wahrscheinlich ist, dass ein noch nicht untersuchter Staub, der der Beschreibung der betrachteten Staubgruppe entspricht, mit seinem K_{St}-Wert den angegebenen maximalen Messwert —also den sicherheitstechnisch relevanten Grenzwert— überschreitet. Eine Schlussfolgerung dahingehend, wie groß der K_{St}-Wert des noch nicht untersuchten Staubs ist, ist nicht möglich.

Die Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert wird von einem Staubexperten eingeschätzt (3-stufiges Ranking). Diese Einschätzung erfolgt anhand der Daten, die für die Auswertung zur Verfügung stehen (Anzahl und Streuung der Werte innerhalb der Gruppe, Korngrößenverteilung der Stäube usw.), insbesondere aber auf der Grundlage langjähriger Erfahrungen.

3.4. Feld: Methode

Die Aussagen zur Methode geben Auskunft darüber, wie die Daten zur Bandbreite (minimaler/maximaler Messwert) ermittelt wurden.

3.5. Feld: Bemerkungen

Die Bemerkungen dienen dazu, auf bestimmte Besonderheiten einzugehen, die für die Interpretation der Bandbreite (minimaler/maximaler Messwert) von Bedeutung sind.

4. Merkmal: Staubexplosionsfähigkeit/Staubexplosionsklasse, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)

4.1. Feld: Staubexplosionsfähigkeit

Es wird eine Aussage darüber getroffen, ob die Stäube der betrachteten Staubgruppe im Gemisch mit Luft explosionsfähige Gemische bilden können. Die Staubexplosionsfähigkeit gilt für die Gruppe als gegeben, wenn sie mindestens für einen Staub der Gruppe nachgewiesen wurde.

4.2. Feld: Anzahl explosionsfähiger Stäube

Es wird angegeben, wie viele Stäube der Gruppe im Gemisch mit Luft zur Explosion gebracht werden konnten. Zusammen mit der Anzahl der Stäube, die nicht zur Explosion gebracht werden konnten, wird ein Hinweis dahingehend geliefert, ob ein noch nicht untersuchter Staub, der der Beschreibung der betrachteten Staubgruppe entspricht, durch Staubaufwirbelung explosionsfähige Staub/Luft-Gemische bilden kann. Beim Vergleich der beiden Zahlenwerte ist zu beachten, dass gegebenenfalls nicht für alle Stäube der Gruppe Aussagen zur Explosionsfähigkeit vorliegen.

4.3. Feld: Anzahl der Stäube, die nicht zur Explosion gebracht werden konnten

Es wird angegeben, wie viele Stäube der Gruppe im Gemisch mit Luft nicht zur Explosion gebracht werden konnten. Zusammen mit der Anzahl der Stäube, die zur Explosion gebracht werden konnten, wird ein Hinweis dahingehend geliefert, ob ein noch nicht untersuchter Staub, der der Beschreibung der betrachteten Staubgruppe entspricht, durch Staubaufwirbelung explosionsfähige Staub/Luft-Gemische bilden kann. Beim Vergleich der beiden Zahlenwerte ist zu beachten, dass gegebenenfalls nicht für alle Stäube der Gruppe Aussagen zur Explosionsfähigkeit vorliegen.

4.4. Feld: Explosionsklasse, minimaler Wert

Aufgrund der Verschiedenartigkeit der Stäube der Gruppe (physikalische Beschaffenheit, enthaltene Begleitstoffe, Verunreinigungen usw.) können diese unterschiedlichen Staubexplosionsklassen zugeordnet sein. Der minimale Wert kennzeichnet die niedrigste Staubexplosionsklasse, der ein Staub zugeordnet wurde, der maximale Wert die höchste Staubexplosionsklasse.

Aus der Zuordnung zu unterschiedlichen Staubexplosionsklassen ergibt sich für die betrachtete Staubgruppe eine Bandbreite. Dabei bildet der maximale Wert den sicherheitstechnisch relevanten Grenzwert dieser Bandbreite. Es ist zu beachten, dass dieser Grenzwert von der zugrunde liegenden Datenbasis abhängt. Diese ist beschränkt.

4.5. Feld: Explosionsklasse, maximaler Wert

gleicher Text wie unter 4.4

4.6. Feld: Belastbarkeit des maximalen Werts als Grenzwert

Die Belastbarkeit liefert eine Aussage, ob es wahrscheinlich ist, dass ein noch nicht untersuchter Staub, der der Beschreibung der betrachteten Staubgruppe entspricht, eventuell einer höheren Explosionsklasse zugeordnet werden muss, als es der maximale Wert vorgibt. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit, dass der noch nicht untersuchte Staub keine explosionsfähigen Gemische mit Luft bilden kann. In einem solchen Fall würde dieser Staub keiner Staubexplosionsklasse zugeordnet werden.

Die Belastbarkeit des maximalen Werts als Grenzwert wird von einem Staubexperten eingeschätzt (3-stufiges Ranking). Diese Einschätzung erfolgt anhand der Daten, die für die Auswertung zur Verfügung stehen (Anzahl und Streuung der Werte innerhalb der Gruppe, Korngrößenverteilung der Stäube usw.), insbesondere aber auf der Grundlage langjähriger Erfahrungen.

4.7. Feld: Methode

Die Aussagen zur Methode geben Auskunft darüber, wie die Staubexplosionsfähigkeit und die Bandbreite der Staubexplosionsklasse (minimaler/maximaler Wert) ermittelt wurden.

4.8. Feld: Bemerkungen

Die Bemerkungen dienen dazu, die Aussagen zur Staubexplosionsfähigkeit und die ausgewiesene Bandbreite der Staubexplosionsklasse (minimaler/maximaler Wert) richtig zu interpretieren.

5. Merkmal: Mindestzündenergie, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)

5.1. Feld: Mindestzündenergie

Die einzelnen Stäube der Staubgruppe können aufgrund ihrer Verschiedenartigkeit (physikalische Beschaffenheit, enthaltene Begleitstoffe, Verunreinigungen usw.) sehr unterschiedliche Mindestzündenergien besitzen.

In der Regel werden bei den Prüfungen zur Ermittlung der Mindestzündenergie *eines* Staubes zwei Energiewerte bestimmt: ein kleinerer Wert E_1, der *keine Entzündung* bewirkt, und ein größerer Wert E_2, der zur *Explosion* führt. In einigen Fällen wird bei den Prüfungen aber nur einer der beiden Energiewerte bestimmt (E_1 oder E_2). Generell gilt, dass die Mindestzündenergie des jeweils betrachteten Einzelstaubs *zwischen* E_1 und E_2 liegt (Es ist möglich, dass die Mindestzündenergie in bestimmten Fällen identisch mit E_2 ist.).

Unter Berücksichtigung *sämtlicher* Energiewerte E_1 und E_2, die für die Staubgruppe verfügbar sind, wird ein Energiewert ausgewählt und dieser mit einem Relationszeichen kombiniert. Je nach Datenlage ist dieses Relationszeichen entweder > oder <.

Das Relationszeichen hat einen Einfluss auf die Interpretation des ausgewählten Energiewerts hinsichtlich der Mindestzündenergie. Eine Angabe wie **>10 mJ** bedeutet, dass die Mindestzündenergie für die Staubgruppe *oberhalb* von 10 mJ liegt. Eine Angabe wie **<10 mJ** bedeutet hingegen, dass die Mindestzündenergie *unterhalb* des Werts von 10 mJ liegt. In beiden Fällen ist keine genauere Aussage bezüglich der Lage der Mindestzündenergie möglich.

5.2. Feld: Belastbarkeit der Angabe zur Mindestzündenergie

Die Belastbarkeit liefert eine Aussage dahingehend, inwieweit die Angabe zur Mindestzündenergie (Zahlenwert *inklusive* Relationszeichen) auch für einen noch nicht untersuchten Staub gilt, der der Beschreibung der betrachteten Staubgruppe entspricht.

Die Belastbarkeit der Angabe zur Mindestzündenergie wird von einem Staubexperten eingeschätzt (3-stufiges Ranking). Diese Einschätzung erfolgt anhand der Daten, die für die Auswertung zur Verfügung stehen (Anzahl und Streuung der Werte innerhalb der Gruppe, Korngrößenverteilung der Stäube usw.), insbesondere aber auf der Grundlage langjähriger Erfahrungen.

5.3. Feld: Niedrigste Energie, die nachweislich Explosion ergab

Hier wird der kleinste der für die Staubgruppe verfügbaren E_2-Werte angegeben (E_2 bezeichnet diejenigen Energien, die zur Entzündung führten). Dieser Energiewert stellt keinen Grenzwert bezüglich des Entzündungsvermögens der Staub/Luft-Gemische dar.

5.4. Feld: Höchste Energie, die nachweislich keine Explosion ergab

Hier wird der größte der für die Staubgruppe verfügbaren E_1-Werte angegeben (E_1 bezeichnet diejenigen Energien, die *nicht* zur Entzündung führten).

Für die Staubgruppe stellt es keinen Widerspruch dar, wenn die hier angegebene Energie wesentlich höher liegt, als die niedrigste Energie innerhalb der Staubgruppe, die eine Explosion bewirkte. Die höchste Energie ohne Explosion und die niedrigste Energie mit Explosion zeigen den Umfang der Streuung (Bandbreite) der Mindestzündenergien der Stäube der Staubgruppe auf.

5.5. Feld: Methode

Die Aussagen zur Methode geben Auskunft darüber, wie die angegebenen Energiewerte ermittelt wurden.

5.6. Feld: Bemerkungen

Die Bemerkungen dienen dazu, auf bestimmte Besonderheiten einzugehen, die für die Interpretation der angegebenen Energiewerte von Bedeutung sind.

6. Merkmal: Zündtemperatur, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)

6.1. Feld: Minimaler Messwert

Die einzelnen Stäube der Staubgruppe weisen aufgrund ihrer Verschiedenartigkeit (physikalische Beschaffenheit, enthaltene Begleitstoffe, Verunreinigungen usw.) unterschiedliche Werte für die Zündtemperatur auf. Der minimale Messwert ist der kleinste Wert aller verfügbaren Zündtemperaturen innerhalb der Staubgruppe, der maximale Messwert der größte Wert.

Der minimale Messwert und der maximale Messwert bilden die Grenzwerte der Bandbreite der Zündtemperatur; der minimale Messwert ist hierbei der sicherheitstechnisch relevante Grenzwert. Es ist zu beachten, dass die angegebenen Grenzwerte von der zugrunde liegenden Datenbasis abhängen. Diese ist beschränkt.

6.2. Feld: Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert

Die Belastbarkeit liefert eine Aussage, ob es wahrscheinlich ist, dass ein noch nicht untersuchter Staub, der der Beschreibung der betrachteten Staubgruppe entspricht, mit seiner Zündtemperatur den angegebenen minimalen Messwert —also den sicherheitstechnisch relevanten Grenzwert— unterschreitet. Eine Schlussfolgerung dahingehend, wo die Zündtemperatur des noch nicht untersuchten Staubs liegt, ist nicht möglich.

Die Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert wird von einem Staubexperten eingeschätzt (3-stufiges Ranking). Diese Einschätzung erfolgt anhand der Daten, die für die Auswertung zur Verfügung stehen (Anzahl und Streuung der Werte innerhalb der Gruppe, Korngrößenverteilung der Stäube usw.), insbesondere aber auf der Grundlage langjähriger Erfahrungen.

6.3. Feld: Maximaler Messwert

gleicher Text wie unter 6.1

6.4. Feld: Höchste Abbruchtemperatur

Werden Prüfungen zur Ermittlung der Zündtemperatur beim Erreichen eines bestimmten Temperaturwerts abgebrochen, so bleiben die Zündtemperaturen dieser Stäube unbekannt. Falls die höchste dieser Abbruchtemperaturen oberhalb des maximalen Messwerts der Zündtemperatur der Staubgruppe liegt bzw. mit diesem Wert identisch ist, so wird diese Abbruchtemperatur hier angegeben. Es besteht die Vermutung, dass sich der entsprechende Staub erst bei höheren Temperaturen entzündet; der maximale Messwert der Zündtemperatur der Staubgruppe würde sich folglich zu höheren Werten verschieben.

Wenn keine Daten zur Zündtemperatur vorliegen und nur eine Abbruchtemperatur angegeben ist, lässt sich nichts darüber aussagen, ob eine Zündtemperatur überhaupt existiert und wie sich die Stäube oberhalb der Abbruchtemperatur verhalten.

6.5. Feld: Methode

Die Aussagen zur Methode geben Auskunft darüber, wie die Daten zur Bandbreite (minimaler/maximaler Messwert, höchste Abbruchtemperatur) ermittelt wurden.

6.6. Feld: Bemerkungen

Die Bemerkungen dienen dazu, auf bestimmte Besonderheiten einzugehen, die für die Interpretation der Bandbreite (minimaler/maximaler Messwert, höchste Abbruchtemperatur) von Bedeutung sind.

7. Merkmal: Mindestzündtemperatur, Staubgruppe (abgelagerter Staub)

7.1. Feld: Dicke der Staubschichten (Parameter)

Die Schichtdicke ist ein Parameter der Prüfung zur Ermittlung der Mindestzündtemperatur. Bei einer Schichtdicke von 5 mm wird die Mindestzündtemperatur auch als *Glimmtemperatur* bezeichnet.

7.2. Feld: Minimaler Messwert

Die einzelnen Stäube der Staubgruppe weisen aufgrund ihrer Verschiedenartigkeit (physikalische Beschaffenheit, enthaltene Begleitstoffe, Verunreinigungen usw.) unterschiedliche Werte der Mindestzündtemperatur auf. Der minimale Messwert ist der kleinste Wert aller verfügbaren Mindestzündtemperaturen innerhalb der Staubgruppe, der maximale Messwert der größte Wert. Die Schichtdicken bezüglich des minimalen und des maximalen Messwerts sind gleich.

Der minimale Messwert und der maximale Messwert bilden die Grenzwerte der Bandbreite der Mindestzündtemperatur; der minimale Messwert ist hierbei der sicherheitstechnisch relevante Grenzwert. Es ist zu beachten, dass die angegebenen Grenzwerte von der zugrunde liegenden Datenbasis abhängen. Diese ist beschränkt.

7.3. Feld: Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert

Die Belastbarkeit liefert eine Aussage, ob es wahrscheinlich ist, dass ein noch nicht untersuchter Staub, der der Beschreibung der betrachteten Staubgruppe entspricht, mit seiner Mindestzündtemperatur den angegebenen minimalen Messwert —also den sicherheitstechnisch relevanten Grenzwert— unterschreitet. Eine Schlussfolgerung dahingehend, wo die Mindestzündtemperatur des noch nicht untersuchten Staubs liegt, ist nicht möglich.

Die Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert wird von einem Staubexperten eingeschätzt (3-stufiges Ranking). Diese Einschätzung erfolgt anhand der Daten, die für die Auswertung zur Verfügung stehen (Anzahl und Streuung der Werte innerhalb der Gruppe, Korngrößenverteilung der Stäube usw.), insbesondere aber auf der Grundlage langjähriger Erfahrungen.

7.4. Feld: Maximaler Messwert

gleicher Text wie unter 7.2

7.5. Feld: Höchste Abbruchtemperatur

Werden Prüfungen zur Ermittlung der Mindestzündtemperatur beim Erreichen eines bestimmten Temperaturwerts abgebrochen, so bleiben die Mindestzündtemperaturen dieser Stäube unbekannt. Falls die höchste dieser Abbruchtemperaturen oberhalb des maximalen Messwerts der Mindestzündtemperatur der Staubgruppe liegt bzw. mit diesem Wert identisch ist, so wird diese Abbruchtemperatur hier angegeben. Es besteht die Vermutung, dass sich der

entsprechende Staub erst bei höheren Temperaturen entzündet; der maximale Messwert der Mindestzündtemperatur der Staubgruppe würde sich folglich zu höheren Werten verschieben.

Wenn keine Daten zur Mindestzündtemperatur vorliegen und nur eine Abbruchtemperatur angegeben ist, lässt sich nichts darüber aussagen, ob eine Mindestzündtemperatur überhaupt existiert und wie sich die Stäube oberhalb der Abbruchtemperatur verhalten.

7.6. Feld: Hinweis bezüglich Schmelzen

In bestimmten Fällen kann keine Mindestzündtemperatur ermittelt werden, da die Stäube aufgrund der zugeführten Wärme schmelzen. Sollte dies während einer Prüfung beobachtet werden, so wird diese Tatsache hier mitgeteilt (ohne Angabe der Temperatur des Schmelzens).

7.7. Feld: Anzahl geschmolzener Stäube

Es wird angegeben, wie viele Stäube der betrachteten Staubgruppe während der Prüfung zur Ermittlung der Mindestzündtemperatur geschmolzen sind. Dies liefert einen Hinweis dahingehend, ob für einen noch nicht untersuchten Staub, der der Beschreibung der Staubgruppe entspricht, eher ein Schmelzen oder eine Entzündung zu erwarten ist.

7.8. Feld: Methode

Die Aussagen zur Methode geben Auskunft darüber, wie die Daten zur Bandbreite (minimaler/maximaler Messwert, höchste Abbruchtemperatur) ermittelt wurden.

7.9. Feld: Bemerkungen

Die Bemerkungen dienen dazu, auf bestimmte Besonderheiten einzugehen, die für die Interpretation der Bandbreite (minimaler/maximaler Messwert, höchste Abbruchtemperatur) von Bedeutung sind.

8. Merkmal: Brennverhalten, Staubgruppe (abgelagerter Staub)

8.1. Feld: Ausgangstemperatur der Staubschichten (Parameter)

Die Ausgangstemperatur ist ein Parameter der Prüfung zur Ermittlung der Brennzahl. Der Standard zur Ermittlung der Brennzahl ist die Raumtemperatur (ca. 20 °C).

8.2. Feld: Minimaler Messwert

Die einzelnen Stäube der Staubgruppe weisen aufgrund ihrer Verschiedenartigkeit (physikalische Beschaffenheit, enthaltene Begleitstoffe, Verunreinigungen usw.) unterschiedliche Werte der Brennzahl auf. Der minimale Messwert ist der kleinste Wert aller verfügbaren Brennzahlen innerhalb der Staubgruppe, der maximale Messwert der größte Wert. Die Anfangstemperatur bezüglich des minimalen und des maximalen Messwerts ist gleich.

Der minimale Messwert und der maximale Messwert bilden die Grenzwerte der Bandbreite der Brennzahl; der maximale Messwert ist hierbei der sicherheitstechnisch relevante Grenzwert. Es ist zu beachten, dass die angegebenen Grenzwerte von der zugrunde liegenden Datenbasis abhängen. Diese ist beschränkt.

8.3. Feld: Maximaler Messwert

gleicher Text wie unter 8.2

8.4. Feld: Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert

Die Belastbarkeit liefert eine Aussage, ob es wahrscheinlich ist, dass ein noch nicht untersuchter Staub, der der Beschreibung der betrachteten Staubgruppe entspricht, mit seiner Brennzahl den angegebenen maximalen Messwert —also den sicherheitstechnisch relevanten Grenzwert— überschreitet. Eine Schlussfolgerung dahingehend, wo die Brennzahl des noch nicht untersuchten Staubs liegt, ist nicht möglich.

Die Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert wird von einem Staubexperten eingeschätzt (3-stufiges Ranking). Diese Einschätzung erfolgt anhand der Daten, die für die Auswertung zur Verfügung stehen (Anzahl und Streuung der Werte innerhalb der Gruppe, Korngrößenverteilung der Stäube usw.), insbesondere aber auf der Grundlage langjähriger Erfahrungen.

8.5. Feld: Methode

Die Aussagen zur Methode geben Auskunft darüber, wie die Daten zur Bandbreite (minimaler/maximaler Messwert) ermittelt wurden.

8.6. Feld: Bemerkungen

Die Bemerkungen dienen dazu, auf bestimmte Besonderheiten einzugehen, die für die Interpretation der Bandbreite (minimaler/maximaler Messwert) von Bedeutung sind.

Anhang D

Richtlinien der Datenauswertung zur Erarbeitung von Bandbreiten

Die Richtlinien der Datenauswertung zur Erarbeitung von Bandbreiten beziehen sich auf bereits zusammengestellte Staubgruppen (Liste von Einzelstäuben mit den zugehörigen Kenngrößenwerten und Parametern). Die Richtlinien dienen der Reproduzierbarkeit der Datenauswertung.

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemein ... 83

1.1 Rot markierte Stäube — 500µm-Regel ... 83

1.2 Grau markierte Stäube — Stäube ohne angegebene Prüfparameter ... 83

1.3 Gelb markierte Stäube — Ausreißer-Stäube ... 84

1.4 Stäube, die die Grenzwerte der Bandbreite bestimmen ... 84

1.5 Angaben bezüglich Prüfmethode und GLP ... 85

2 Sicherheitstechnische Kenngrößen ... 85

2.1 Untere Explosionsgrenze (aufgewirbelter Staub) ... 85

2.2 Maximaler Explosionsdruck (aufgewirbelter Staub) ... 85

2.3 K_{St}-Wert (aufgewirbelter Staub) ... 86

2.4 Staubexplosionsfähigkeit/Staubexplosionsklasse (aufgewirbelter Staub) ... 86

2.4.1 Staubexplosionsfähigkeit ... 86

2.4.1.1 Wertung der Explosionsfähigkeit eines *Einzelstaubs* mit JA ... 86

2.4.1.2 Wertung der Explosionsfähigkeit eines *Einzelstaubs* mit NEIN ... 87

2.4.1.3 Für *Staubgruppe*: Zählung der JA- und NEIN-Aussagen zur Staubexplosionsfähigkeit der Einzelstäube ... 87

2.4.1.4 Aussage bezüglich der Staubexplosionsfähigkeit für eine *Staubgruppe* .. 88

2.4.2 Staubexplosionsklasse ... 88

2.5 Mindestzündenergie (aufgewirbelter Staub) ... 89

2.6 Zündtemperatur (aufgewirbelter Staub) ... 90

2.7 Mindestzündtemperatur (abgelagerter Staub) ... 91

2.8 Brennverhalten (abgelagerter Staub) ... 91

3 Ranking 93
3.1 Zweck 93
3.2 Ranking-Angaben 93

1 Allgemein

1.1 Rot markierte Stäube — 500µm-Regel

In der GESTIS-Staubdatei sind die Zeilen derjenigen Stäube ***rot hinterlegt***, die hinsichtlich ihrer Korngrößenverteilung in der 500µm-Spalte einen Eintrag besitzen, der kleiner als 50 % ist. In der gleichen Weise sind diejenigen Stäube rot markiert, die einen Medianwert größer als 500 µm besitzen. Die Rotmarkierung dient der Kennzeichnung der Stäube, die hinsichtlich ihrer physikalischen Beschaffenheit zu weit von den festgelegten Standards entfernt liegen (Stäube sind *wesentlich* zu grob. Üblich sind folgende Standards: Siebfraktionen des abgelagerten Staubs kleiner/gleich 250 µm; Siebfraktionen des aufgewirbelten Staubs kleiner/gleich 63 µm.).

Es besteht die berechtigte Annahme, dass sämtliche rot markierten Stäube keine Bedeutung für die konservative Gefahrenbeurteilung besitzen. Sie werden vermutlich also keinen Einfluss auf die *sicherheitstechnisch relevanten* Grenzwerte der Bandbreiten besitzen.

Für die Festlegung des jeweils anderen Grenzwerts einer jeden Bandbreite sollen die rot markierten Stäube nicht berücksichtigt werden, da die Vermutung besteht, dass sie die Bandbreiten unrealistisch weit aufspreizen würden. Dies würde nicht dem Zweck dienen, staubspezifische Bandbreiten zu generieren.

Falls erkannt wird, dass die sicherheitstechnischen Kenngrößen der rot markierten Stäube entgegen der Annahme doch für die konservative Gefahrenbeurteilung von Bedeutung sind, so sind sie trotz ihrer großen Abweichung von den geforderten Standards für die Festlegung der sicherheitstechnisch relevanten Grenzwerte der Bandbreiten heran zu ziehen. Diese Tatsache ist dann bei der Vergabe der Rankings zu beachten bzw. es sind entsprechende Hinweise als Bemerkung zu formulieren.

Da also nicht erwiesen ist, dass die Daten der rot markierten Stäube bei der Festlegung der sicherheitstechnisch relevanten Grenzwerte der Bandbreiten generell vernachlässigt werden können, dürfen die rot markierten Stäube bei der Zusammenstellung der Staubgruppen nicht unberücksichtigt bleiben. Um die Stäube und deren Daten zur Erarbeitung der Bandbreiten in der GESTIS-Staubdatei über die EXCEL-Filterfunktion auflisten zu können, ***müssen die Stäube Gruppenlabels erhalten***.

1.2 Grau markierte Stäube — Stäube ohne angegebene Prüfparameter

In der GESTIS-Staubdatei sind die Zeilen derjenigen Stäube ***grau hinterlegt***, die keine Angaben zur Korngrößenverteilung *und* auch keine Angabe zum Medianwert haben. Aufgrund des Fehlens dieser Parameter sollen die sicherheitstechnischen Kenngrößen der grau markierten Stäube bei der Erarbeitung der Bandbreiten nach Möglichkeit nicht berücksichtigt werden. Diese Aussage bezieht sich insbesondere auf den Grenzwert der Bandbreite, der sicherheitstechnisch *nicht* relevant ist. Auf diese Weise werden Widersprüche zwischen den erarbeiteten Bandbreiten und der Datenbasis der Einzelstäube in CHEMSAFE vermieden, die sich ergeben würden, da Stäube ohne Korngrößenverteilung *und* ohne Medianwert in CHEMSAFE nicht erfasst sind (Die wenigen Ausnahmen, die in CHEMSAFE doch erfasst sind, sollen beim nächsten Daten-Update gelöscht werden [Stand der Information Dezember 2010]. Als Kriterium, das für die Aufnahme von Stäuben bzw. Daten in CHEMSAFE erfüllt sein muss, wird folgendes vorgeschlagen [Dezember 2010; Befürwortung der Festlegung steht noch aus]: Für

einen Staub muss entweder seine Korngrößenverteilung *oder* der Medianwert *oder* beides gegeben sein. Aufgrund dieser Neuregelung gibt es eine Vielzahl von Stäuben, die in CHEMSAFE noch zu erfassen sind.).

Bezüglich des GSBL-Staubprojekts: Falls bei der Erarbeitung der Bandbreiten der Staubgruppen erkannt wird, dass die sicherheitstechnischen Kenngrößen der grau markierten Stäube für die konservative Gefahrenbeurteilung von Bedeutung wären, dass sie also die Festlegung der sicherheitstechnisch relevanten Grenzwerte beeinflussen würden, so darf dies natürlich nicht ignoriert werden. Für die erarbeiteten Grenzwerte muss dann ein entsprechender Vermerk in Form einer Bemerkung formuliert werden, um klar zu stellen, dass diese nicht im Einklang mit der in CHEMSAFE vorhandenen Datenbasis stehen.

Da also die Daten der grau markierten Stäube zur Festlegung der sicherheitstechnisch relevanten Grenzwerte der Bandbreiten nicht vollständig vernachlässigt werden dürfen, sind die grau markierten Stäube bei der Zusammenstellung der Staubgruppen zu berücksichtigen. Um die Stäube und deren Daten zur Erarbeitung der Bandbreiten in der GESTIS-Staubdatei über die EXCEL-Filterfunktion auflisten zu können, ***müssen die Stäube Gruppenlabels erhalten***.

1.3 Gelb markierte Stäube — Ausreißer-Stäube

Wenn bei der Auswertung der Daten einer Staubgruppe erkannt wird, dass bei einem bestimmten Staub ein bestimmter Wert einer sicherheitstechnischen Kenngröße als Ausreißer zu werten ist, so wird dieser Wert für die Festlegung der Grenzwerte der entsprechenden Bandbreite nicht berücksichtigt. Die Entscheidung für die Nichtberücksichtigung ist in Form eines Kommentars bei dem Kenngrößenwert kurz zu begründen. Zusätzlich ist in der GESTIS-Staubdatei die gesamte Zeile des betroffenen Staubs ***gelb zu hinterlegen***, um zu verdeutlichen, dass einer der Kenngrößenwerte als Ausreißer deklariert wurde.

Die Gelbmarkierung dient dazu, bei der Erarbeitung der anderen Bandbreiten leicht erkennen zu können, dass der hier betrachtete Staub eventuell weitere Ausreißerwerte besitzt. Die Gelbmarkierung dient nicht dazu, alle Kenngrößenwerte dieses Staubs als Ausreißer zu kennzeichnen. Beispielsweise sollte eine beim Einzelstaub mit JA beurteilte Staubexplosionsfähigkeit für die betrachtete Staubgruppe immer gewertet werden, eine mit NEIN beurteilte hingegen nicht. Sollte ein weiterer Kenngrößenwert des betroffenen Staubs als Ausreißer gewertet werden, so ist dies wiederum durch das Einfügen eines Kommentars an der entsprechenden Position in der EXCEL-Tabelle zu verdeutlichen.

Es ist zu beachten, dass Ausreißer-Kenngrößenwerte, die für die Festlegung der Grenzwerte der Bandbreiten nicht explizit berücksichtigt wurden, bei der Vergabe des Rankings dennoch eine Rolle spielen könnten. Gegebenenfalls ist im Erfassungsformular auch eine entsprechende Bemerkung im Bemerkungsfeld zu hinterlassen.

1.4 Stäube, die die Grenzwerte der Bandbreite bestimmen

Die Namen der Stäube und/oder deren BIA-Nummern, auf die die erarbeiteten Grenzwerte der Bandbreiten konkret zurück gehen, können in den dafür vorgesehenen Textfeldern des Erfassungsformulars angegeben werden. Die Angaben werden nicht in den GSBL übertragen; sie sind lediglich ein Hilfsmittel der Datenerfassung und dienen der leichteren Nachvollziehbarkeit der Datenauswertung.

1.5 Angaben bezüglich Prüfmethode und GLP

Auf die Angabe konkreter Prüfmethoden muss verzichtet werden, da eine solche Angabe nicht mit dem Konzept von Staubgruppen vereinbar ist. Im Allgemeinen unterscheiden sich die zugrunde liegenden Prüfmethoden bezüglich der einzelnen Stäube einer Staubgruppe bzw. die einzelnen Prüfmethoden lassen sich nicht ohne weiteres feststellen. Selbst wenn zur Auswertung der Daten detaillierte Informationen bezüglich der Prüfmethoden vorliegen sollten, würde die Angabe mehrerer Prüfmethoden keine eindeutige Zuordnung zu den einzelnen Stäuben der Staubgruppe zulassen. Ein Feld "Methode" wird dennoch bereitgestellt. Bei jeder sicherheitstechnischen Kenngröße einer jeden Staubgruppe wird der Eintrag wie folgt lauten: "*Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten*".

Auf Angaben zu GLP wird grundsätzlich verzichtet.

2 Sicherheitstechnische Kenngrößen

2.1 Untere Explosionsgrenze (aufgewirbelter Staub)

Untere Explosionsgrenzen, die durch ***eine Prüfung*** ermittelt wurden, weisen im Allgemeinen folgende Werte auf: **500; 250; 125; 60; 30** oder **15** (Zahlenangaben in g/m^3). ***Berechnete*** untere Explosionsgrenzen, die in der GESTIS-Staubdatei ebenso vorhanden sind, können im Prinzip jeden Zahlenwert annehmen, also auch die gerade genannten. Da eine Unterscheidung zwischen gemessenen und berechneten Werten oftmals nicht einfach ist, gilt grundsätzlich folgende **Regel:**

Alle vorhandenen Werte werden gleichberechtigt behandelt. Falls im Einzelfall doch erkennbar sein sollte, dass der sicherheitstechnisch relevante Grenzwert der Bandbreite auf einen berechneten Wert zurückgehen würde, könnte dieser Wert bedenkenlos als Grenzwert angegeben werden. Im Bemerkungsfeld wäre aber darauf hinzuweisen, dass es sich um einen berechneten Wert handelt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den nächstfolgenden Wert, der auf eine reale Prüfung zurückgeht, als Grenzwert anzugeben. In diesem Fall ist im Bemerkungsfeld die Information zu hinterlassen, dass für die Staubgruppe zusätzlich auch kleinere Werte für die untere Explosionsgrenze vorliegen, die jedoch berechnet wurden. Dem auswertenden Staubexperten obliegt die Entscheidung darüber, welcher Wert als Grenzwert angegeben wird. Da diese Entscheidung situationsabhängig sein wird, soll hierfür keine feststehende Regel formuliert werden.

2.2 Maximaler Explosionsdruck (aufgewirbelter Staub)

Zur Erarbeitung der Bandbreite werden alle verfügbaren Werte berücksichtigt. Die Angabe "**k.E.**" (Abkürzung steht für "keine Explosion") wird dabei nicht als Null-Überdruck gewertet.

2.3 K_{St}-Wert (aufgewirbelter Staub)

Zur Erarbeitung der Bandbreite werden alle verfügbaren Werte berücksichtigt.

2.4 Staubexplosionsfähigkeit/Staubexplosionsklasse (aufgewirbelter Staub)

2.4.1 Staubexplosionsfähigkeit

2.4.1.1 Wertung der Explosionsfähigkeit eines *Einzelstaubs* mit JA

Die Explosionsfähigkeit eines Einzelstaubs wird mit JA gewertet und gilt als ***nachgewiesen***, wenn:

(1) in der Datentabelle des BIA-Reports 12/97 in der Spalte "Ex-Fähigkeit" der Eintrag "ja" steht, **ODER**

(2) ein K_{St}-Wert vorliegt (Eintrag eines Zahlenwertes in der Spalte "K_{St}-Wert" der Datentabelle des BIA-Reports 12/97), **ODER**

(3) die Prüfung mit der modifizierten Hartmann-Apparatur eine Flammenerscheinung ergab oder zur Auslenkung des Klappdeckels in die Position 1 führte (dies ist gleichbedeutend mit der Einstufung in die Staubexplosionsklasse St 1; der entsprechende Eintrag befindet sich im BIA-Report 12/97 in der Spalte "Ex-Fähigkeit"), **ODER**

(4) die Prüfung mit der modifizierten Hartmann-Apparatur eine Auslenkung des Klappdeckels in die Position 2 ergab (hier kann keine eindeutige Aussage bezüglich der Staubexplosionsklasse abgeleitet werden; im BIA-Report 12/97 steht in diesen Fällen in der Spalte "Ex-Fähigkeit" der Eintrag "(St 2)", in Ausnahmefällen auch "(St 3)").

(5) Für den Fall, dass die **Punkte (1), (2), (3) oder (4) nicht zutreffen, gelten folgende Regeln:**

- Liegt ein Wert für die **untere Explosionsgrenze** vor (im BIA-Report 12/97 die Spalte "untere Ex-Grenze"), so reicht *allein* diese Tatsache auch aus, um die Staubexplosionsfähigkeit als nachgewiesen zu betrachten (eine eindeutige Aussage bezüglich der Staubexplosionsklasse kann nicht abgeleitet werden).

  Hinweis: In einigen Fällen wurden die unteren Explosionsgrenzen berechnet. Wird bei der Datenauswertung erkannt, dass es sich um einen berechneten Wert handelt, so ist bei dem entsprechenden Einzelstaub eine Einzelfallbetrachtung vorzunehmen. Die Explosionsfähigkeit wird also nicht ohne weiteres mit JA eingeschätzt.

- Liegt ein Wert für den **maximalen Explosionsdruck** vor (im BIA-Report 12/97 die Spalte "max. Ex-Überdruck"), so reicht *allein* diese Tatsache auch aus, um die Staubexplosionsfähigkeit als nachgewiesen zu betrachten (eine eindeutige Aussage bezüglich der Staubexplosionsklasse kann nicht abgeleitet werden).

- Liegt ein Wert für die **Mindestzündenergie** vor (gleichlautende Spalte im BIA-Report 12/97), so reicht *allein* diese Tatsache auch aus, um die Staubexplosionsfähigkeit als nachgewiesen zu betrachten (eine eindeutige Aussage bezüglich der Staubexplosionsklasse kann nicht abgeleitet werden).

***Randbedingung*:** Dem angegebenen Wert der Mindestzündenergie darf kein Größer-als-Zeichen **(!)** vorangestellt sein, z.B. >100 mJ.

- Die alleinige Existenz einer **Zündtemperatur** (im BIA-Report 12/97 die Spalte "Zündtemperatur G-G" oder "Zündtemperatur BAM") oder die alleinige Existenz einer **Mindestzündtemperatur** (im BIA-Report 12/97 die Spalte "Glimmtemperatur") oder die alleinige Existenz einer **Brennzahl größer als Eins** (im BIA-Report 12/97 die Spalte "Brennbarkeit") gelten im Allgemeinen ***nicht*** als Nachweis für die Explosionsfähigkeit eines Staubs, auch wenn mit dem Vorliegen eines entsprechenden Wertes gezeigt ist, dass ein oxidativer Umsatz mit dem Luftsauerstoff (oder irgend ein anderer chemischer Umsatz) möglich ist. Es bleibt jedoch zu prüfen, ob im Einzelfall nicht doch eine Staubexplosionsfähigkeit abgeleitet werden kann.

  Ist beispielsweise eine **Zündtemperatur** (aufgewirbelter Staub) vorhanden (und sonst keine Werte anderer sicherheitstechnischer Kenngrößen, die als Nachweis für die Explosionsfähigkeit gelten, z.B. maximaler Explosionsdruck), so wird die vorhandene Zündtemperatur als ***Hinweis*** auf Explosionsfähigkeit gewertet (also kein Nachweis!). Aus sicherheitstechnischen Gründen wird die Explosionsfähigkeit aufgrund dieses Hinweises mit JA eingeschätzt. Diese Aussage gilt allerdings nicht, wenn für den **maximalen Explosionsdruck** (aufgewirbelter Staub) der Eintrag "**k.E.**" gegeben ist (Abkürzung steht für "keine Explosion"). Dieser Eintrag besagt, dass die Explosionsfähigkeit definitiv mit NEIN bewertet wurde.

2.4.1.2 Wertung der Explosionsfähigkeit eines *Einzelstaubs* mit NEIN

Die Explosionsfähigkeit eines Einzelstaubs wird ***explizit*** mit NEIN gewertet, wenn im BIA-Report 12/97 Ergebnisse von Negativprüfungen verfügbar sind. Dies ist der Fall, wenn

- in der Spalte "**Ex-Fähigkeit**" der Eintrag "**nein**" steht, **ODER**
- in der Spalte "**max. Ex-Überdruck**" der Eintrag "**k.E.**" lautet (Abkürzung steht für "keine Explosion").

Der Vollständigkeit wegen noch folgender Hinweis: Extrem hohe Zündenergien (z.B. 2E+06 mJ), die das zu prüfende Staub/Luft-Gemisch nicht zur Explosion bringen konnten, werden bei der Wertung der Explosionsfähigkeit nicht berücksichtigt (Im BIA-Report 12/97 sind die Zündenergien solcher Negativzündungen unter Mindestzündenergie dokumentiert, wobei den angegebenen Energiewerten ein Größer-als-Zeichen voran gestellt wurde.).

2.4.1.3 Für *Staubgruppe*: Zählung der JA- und NEIN-Aussagen zur Staubexplosionsfähigkeit der Einzelstäube

- JA- und NEIN-Aussagen, die sich auf die gleiche BIA-Nummer beziehen, dürfen nicht mehrfach gezählt werden (also keine Mehrfachzählung der verschiedenen Siebfraktionen, die auf ein und dieselbe Ausgangsstaubprobe zurück gehen).
- Liegt für einen Staub eine NEIN-Aussage vor (beispielsweise für den Staub im Anlieferungszustand) und für eine weitere Siebfraktion dieses Staubs eine JA-Aussage, so wird nur die JA-Aussage gezählt, da nur diese sicherheitstechnisch relevant ist. Die NEIN-Aussage wird ignoriert.

Begründung: Gefahr der Inkonsistenz des Datensatzes bzw. Gefahr der Fehlinterpretation beim Datenbank-Nutzer, weil:

Für jede Staubgruppe wird angegeben, aus wie vielen Einzelstäuben die Gruppe zusammen gesetzt ist. Dabei werden nur die ursprünglich vorhandenen Staubproben gezählt und nicht die zugehörigen Siebfraktionen, die durch Absiebung entstanden sind. Anders ausgedrückt: Wurden bezüglich einer Ausgangsstaubprobe verschiedene Siebfraktionen untersucht, so wird die Anzahl der untersuchten Stäube dennoch mit Eins gewertet. Würden nun alle JA- und NEIN-Aussagen zur Staubexplosionsfähigkeit gezählt werden, die bezüglich dieser Ausgangsstaubprobe vorliegen, so ergäben sich Widersprüche bezüglich der Zahlenangaben. Es könnten beispielsweise mehr Stäube als explosionsfähig im Gemisch mit Luft gelten als Stäube (laut Mengenangabe) überhaupt untersucht wurden.

Die Anzahl der JA- und NEIN-Aussagen, die für eine Staubgruppe bestimmt wurden, werden für die Datenbank in den entsprechenden numerischen Feldern eingetragen.

2.4.1.4 Aussage bezüglich der Staubexplosionsfähigkeit für eine *Staubgruppe*

Das Vorliegen einer ***einzigen*** JA-Aussage bezüglich der Staubexplosionsfähigkeit eines *Einzelstaubs* innerhalb der betrachteten Staubgruppe erfordert für die Datenbank den folgenden Eintrag im Feld Staubexplosionsfähigkeit: "Staubexplosionsfähigkeit ist innerhalb der Gruppe prinzipiell gegeben" (vorformulierte Aussage).

Nur für den Fall, dass bei der betrachteten Staubgruppe in der GESTIS-Staubdatei ***alle verfügbaren Einträge*** NEIN lauten, ist folgende Angabe für die Datenbank vorgesehen: "Für alle untersuchten Stäube konnte die Staubexplosionsfähigkeit nicht nachgewiesen werden" (vorformulierte Aussage). Dabei spielt es keine Rolle, ob in der GESTIS-Staubdatei das Tabellenfeld für die JA/NEIN-Einträge bei einigen Stäuben der Gruppe *leer* ist (beispielsweise könnte bei diesen Stäuben nur die Brennzahl bestimmt worden sein, z.B. 5, und eine Aussage zur Staubexplosionsfähigkeit war somit nicht möglich). Die getroffene Aussage ist richtig, da nicht gesagt wird, dass die Stäube der Staubgruppe *nichtexplosionsfähig* sind.

2.4.2 Staubexplosionsklasse

Stehen die Angaben zur **Staubexplosionsklasse in runden Klammern** (betrifft ausschließlich die Angaben "**(St 2)**" und "**(St 3)**"; die entsprechende Spalte im BIA-Report 12/97 lautet "Ex-Fähigkeit"), so werden diese Angaben zur Staubexplosionsklasse bei der Erarbeitung der Bandbreite ***nicht*** berücksichtigt. Im Bemerkungsfeld ist dann ein entsprechender Texthinweis zu formulieren, z.B.: "Einige der Angaben zur Staubexplosionsklasse, die für die Stäube der betrachteten Gruppe zur Auswertung vorlagen, basieren nicht auf konkreten K_{St}-Werten sondern auf Prüfungen mit der modifizierten Hartmann-Apparatur. Die Ergebnisse dieser Prüfungen weisen darauf hin, dass eventuell auch die Staubexplosionsklasse 2 in Frage kommt."

Begründung für die Regel: Die in Klammern stehenden Angaben zur Staubexplosionsklasse basieren nicht auf K_{St}-Werten sondern sind auf Prüfungen mit der modifizierten Hartmann-Apparatur zurückzuführen. Diese erlauben lediglich eine *Abschätzung* der Staubexplosionsklasse. Unter Beachtung der anderen Angaben zur Staubexplosionsklasse, die für die betrachtete Staubgruppe verfügbar sind, ist die Bandbreite der Staubexplosionsklasse durch einen Staubexperten festzulegen, der auch ein geeignetes Ranking für den sicherheitstechnisch relevanten Wert der Bandbreite auswählt.

Für den Fall, dass es für die betrachtete Staubgruppe keine Angaben zur Staubexplosionsklasse gibt ***außer***

- "**(St 2)**"

  und/oder

- "**(St 3)**",

so ist für den minimalen und maximalen Wert der Staubexplosionsklasse der jeweilige Wert (2 bzw. 3) in das numerische Feld zur Staubexplosionsklasse einzutragen und vom Staubexperten ein Ranking vorzunehmen. Im Bemerkungsfeld soll zusätzlich ein Texthinweis der folgenden Art erscheinen:

"Sämtliche Angaben zur Explosionsklasse, die für die Stäube der betrachteten Gruppe zur Auswertung vorlagen, basieren nicht auf konkreten K_{St}-Werten sondern auf Prüfungen mit der modifizierten Hartmann-Apparatur. Es ist nicht auszuschließen, dass die Bestimmung der K_{St}-Werte in allen Fällen eine Einstufung in die Staubexplosionsklasse 1 zur Folge gehabt hätte."

2.5 Mindestzündenergie (aufgewirbelter Staub)

- Angaben zur Mindestzündenergie wie **>100 mJ** (Der Zahlenwert ist hier unerheblich, das Relationszeichen ist entscheidend: die angegebene Energie führte nicht zur Explosion) werden ignoriert und bei der Erarbeitung der Bandbreiten ***nicht* (!)** berücksichtigt, falls die Explosionsfähigkeit des betrachteten Einzelstaubs nicht durch andere Prüfungen *nachgewiesen* wurde (Nachweis der Explosionsfähigkeit siehe entsprechende Bestimmungsregeln). Die entsprechenden Werte werden durch ***rote Schrift*** kenntlich gemacht. Ein Kommentar zur Erklärung ist nicht notwendig.

  Die Angaben der Form >100 mJ werden also nicht gewertet, wenn in der GESTIS-Staubdatei die Explosionsfähigkeit nicht mit JA angegeben ist (gleichbedeutend: es gibt in der GESTIS-Staubdatei *keinen* Eintrag zur Explosionsfähigkeit (leeres Tabellenfeld) **ODER** der Eintrag lautet NEIN). Für die Fälle, bei denen die Explosionsfähigkeit mit JA angegeben ist, wobei aber dieses JA lediglich auf eine Zündtemperatur zurück geht (dies gilt als Hinweis auf Explosionsfähigkeit, jedoch nicht als Nachweis), wird die Angabe zur Mindestzündenergie der Form >100 mJ ebenso ignoriert.

  Begründung für diese Regel: Ausschluss von Zahlenwerten, die zu einer Fehlinterpretation führen könnten. Die Angabe einer Mindestzündenergie der Form >100 mJ für einen Staub, der nicht explodieren kann, könnte fälschlicherweise so gedeutet werden, dass ab 100 mJ mit dem Zünden gerechnet werden muss.

- Sind Prüfergebnisse vorhanden, die im BIA-Report 12/97 den Vermerk "**o.I.**" besitzen (Abkürzung steht für "ohne Induktion"), so wird dieser Vermerk für die Erarbeitung der Bandbreiten der Staubgruppe zunächst ignoriert und die Zahlenangaben so gewertet, als handelte es sich bei diesen um Ergebnisse aus Standardprüfungen, die grundsätzlich mit Induktion erfolgen.

  Erst das Bemerkungsfeld bietet die Möglichkeit dazu, Details bezüglich der Daten anzugeben, die für die betrachtete Staubgruppe zur Verfügung standen und die für die erarbeiteten Grenzwerte der Bandbreite heran gezogen wurden (z.B. differenziertere Darstellung der Daten in Form von Text durch Unterscheidung der Prüfergebnisse aus Standardmessung und Messung ohne Induktion, falls dies als wichtig angesehen wird).

Auch durch die Wahl eines geeigneten Rankings kann die Qualität der ausgewerteten Daten (Daten aus Standardprüfung vs. Prüfung o.I.) berücksichtigt werden. So könnte beispielsweise Beachtung finden, dass die Ergebnisse aus Prüfungen ohne Induktion für eine konservative Gefahrenbeurteilung weniger wertvoll sind, da diese Prüfungen im Allgemeinen größere Werte der Mindestzündenergie liefern. Allerdings repräsentieren sie das Zündverhalten von Staub/Luft-Gemischen durch elektrostatische Zündquellen besser.

Begründung für die Regel: Die Streuung der Prüfergebnisse bezüglich der unterschiedlichen Stäube innerhalb einer Staubgruppe ist immer größer als der Unterschied zwischen den Prüfergebnissen aus Prüfungen mit und ohne Induktion, die an ein und derselben Staubprobe durchgeführt wurden (solche Prüfergebnisse liegen im BIA-Report 12/97 allerdings nicht vor). Diese Tatsache resultiert

- aus den Unterschieden der einzelnen Stäube der Staubgruppe bezüglich der Parameter Korngrößenverteilung, Medianwert, Feuchte, etc.,
- aus der Unvollständigkeit der Informationen bezüglich der stofflichen Zusammensetzung der einzelnen Stäube der Staubgruppe und
- aus den schlecht definierbaren Regeln hinsichtlich einer "richtigen" Zusammenstellung der Staubgruppen.

Eine Unterscheidung zwischen den Prüfergebnissen aus Prüfungen mit und ohne Induktion erscheint für Staubgruppen sicherheitstechnisch nicht von Bedeutung zu sein (In Ausnahmefällen kann eine Unterscheidung durchaus sinnvoll bzw. notwendig sein; die Details können dann im Bemerkungsfeld geschildert werden bzw. die besonderen Umstände sind beim Ranking zu berücksichtigen.).

2.6 Zündtemperatur (aufgewirbelter Staub)

- Sind die Zahlenwerte der **Zündtemperatur in runden Klammern** angegeben (betrifft im BIA-Report 12/97 die Spalte "Zündtemperatur GG"), so bedeutet das, dass die Prüfungen nicht streng nach dem herkömmlichen GG-Standard (Godbert-Greenwald) erfolgten; z.B. Verwendung eines Ofens mit modifizierter Bauart. Ungeachtet dessen werden diese Temperaturwerte aber ohne Einschränkung bei der Erarbeitung der Bandbreiten berücksichtigt, d.h. die Klammern werden ignoriert. Es gibt zwar geringfügige Unterschiede zwischen den Prüfergebnissen aus verschiedenen Öfen, es ist aber davon auszugehen, dass diese Differenz gegenüber der Streuung der Temperaturwerte, die sich für die Stäube der Staubgruppe ergibt (Differenz zwischen dem minimalen und dem maximalen Wert der Zündtemperatur innerhalb der Staubgruppe), stets zu vernachlässigen ist.
- Aus dem gleichen Grund wird auch keine Differenzierung zwischen den Prüfergebnissen aus dem **GG-Ofen** und dem **BAM-Ofen** vorgenommen (die Temperaturen, die im BAM-Ofen gemessen wurden, stehen im BIA-Report in der Spalte "Zündtemperatur BAM"). Sämtliche Prüfergebnisse bezüglich der Zündtemperatur werden bei der Bandbreitenerarbeitung also gleichwertig behandelt.
- Temperaturangaben, denen im BIA-Report 12/97 die Abkürzung "**k.E.b.**" vorangestellt ist (Abkürzung steht für "keine Entzündung bis"; Prüfung wurde bei dieser Tem-

peratur abgebrochen), werden nicht als Zündtemperatur gewertet und fließen daher nicht in die Bandbreiten ein. Die Berücksichtigung der *höchsten* Abbruchtemperatur erfolgt durch ein separates numerisches Feld und nur dann, wenn sie *oberhalb* der erarbeiteten Bandbreite der Zündtemperatur liegt bzw. *identisch* mit dem oberen Grenzwert der Bandbreite ist (maximaler Messwert).

2.7 Mindestzündtemperatur (abgelagerter Staub)

- Temperaturangaben, denen im BIA-Report 12/97 in der Spalte "Glimmtemperatur" die Abkürzung "**k.E.b.**" vorangestellt ist (Abkürzung steht für "keine Entzündung bis"; Prüfung wurde bei dieser Temperatur abgebrochen), werden nicht als Mindestzündtemperatur gewertet und fließen daher nicht in die Bandbreiten ein. Die Berücksichtigung der *höchsten* Abbruchtemperatur erfolgt durch ein separates numerisches Feld und nur dann, wenn sie *oberhalb* der Bandbreite der Mindestzündtemperatur liegt bzw. *identisch* mit dem oberen Grenzwert der Bandbreite ist (maximaler Messwert).
- Falls die zu prüfenden Stäube während der Untersuchung geschmolzen sind, so wurde diese Tatsache im BIA-Report 12/97 durch den Eintrag "**schmilzt**" dokumentiert. Die Information über das Schmelzen ist bei der Auswertung zu berücksichtigen. Hierzu ist ein entsprechendes Feld vorgesehen. Zwei Angaben sind möglich: "Schmelzen des Staubs im Einzelfall" und "alle untersuchten Stäube sind geschmolzen".
- **Optional** ist die Angabe der **Anzahl der geschmolzenen Stäube**. Dies erscheint dann sinnvoll, wenn sehr viele Stäube der betrachteten Staubgruppe während der Prüfung geschmolzen sind, so dass die Menge der verfügbaren Mindestzündtemperaturen klein ist.

  Bei der Zählung der geschmolzenen Staubproben dürfen Stäube mit der gleichen BIA-Nummer nicht mehrfach gezählt werden. Für den Fall, dass bezüglich eines bestimmten Staubs eine Zündtemperatur vorliegt und eine weitere Siebfraktion dieses Staubs während der Prüfung geschmolzen ist (Stäube haben die gleiche BIA-Nummer), so ist der geschmolzene Staub als solcher bei der Zählung zu berücksichtigen.

2.8 Brennverhalten (abgelagerter Staub)

- Eine **Brennzahl in runden Klammern**, z.B. "(2)", bedeutet, dass bei der Prüfung Kieselgur verwendet wurde. Dieses Hilfsmittel ist notwendig, wenn Stäube bei Erwärmung schmelzen. Für die Erarbeitung der Bandbreiten einer Staubgruppe werden die Klammern ignoriert und nur der reine Zahlenwert berücksichtigt, also der Wert 2 hinsichtlich des angeführten Beispiels. Für eine konservative Gefahrenbeurteilung entsteht dadurch kein Problem, da Prüfungen mit Kieselgur im Allgemeinen immer die höheren Brennzahlen liefern.
- Liegen für einen Staub Prüfergebnisse der folgenden Form vor, "2 (4)", so wird nur der höhere Wert in Klammern gewertet, wobei die Klammern selbst ignoriert werden.
- Bei Prüfergebnissen der Form "4 (2)", bei denen der kleinere Wert in Klammern steht, ist nur der höhere Zahlenwert für die Erarbeitung der Bandbreite zu berücksichtigen.

- Falls erkannt wird, dass die erarbeiteten Grenzwerte auf Prüfungen unter Verwendung von Kieselgur zurückgehen, so ist es sinnvoll, diese Tatsache bei der Vergabe des Rankings zu berücksichtigen oder aber diese Tatsache wird im Bemerkungsfeld in Form eines Hinweises festgehalten. Dem auswertenden Staubexperten obliegt die Entscheidung darüber, wie bzw. ob er den Sachverhalt Kieselgur kommuniziert. Da diese Entscheidung situationsabhängig sein wird, soll hierfür keine feststehende Regel formuliert werden.

Begründung für die Entscheidung, dass zwischen Prüfungen mit und ohne Kieselgur nicht differenziert wird: Aufgrund der schlecht definierbaren Regeln hinsichtlich einer "richtigen" Zusammenstellung der Staubgruppen, aufgrund der Unvollständigkeit der Informationen bezüglich der stofflichen Zusammensetzung der einzelnen Stäube der Gruppe und aufgrund der Unterschiede der einzelnen Stäube der Gruppe bezüglich der Parameter Korngrößenverteilung, Feuchte, etc. sollte die Streuung der Prüfergebnisse bezüglich der unterschiedlichen Stäube innerhalb einer Staubgruppe (die Differenz zwischen dem minimalen und dem maximalen Wert der Brennzahl) immer größer sein als der Unterschied zwischen den Prüfergebnissen aus Prüfungen mit und ohne Kieselgur, die an ein und derselben Staubprobe durchgeführt wurden.

3 Ranking

3.1 Zweck

Das Ranking soll aussagen, wie vertrauenswürdig der sicherheitstechnisch relevante Grenzwert der Bandbreite ist. Ein "grünes" Ranking wird beispielsweise dann vergeben, wenn es als sehr unwahrscheinlich angesehen wird, dass ein neuer ungeprüfter Staub, der zu der betrachteten Staubgruppe gehören würde, nicht in die ausgewiesene Bandbreite fällt.

Das Ranking kann nichts darüber aussagen, wo der ungeprüfte Staub innerhalb der ausgewiesenen Bandbreite bezüglich der betrachteten sicherheitstechnischen Kenngröße liegen wird. Das wiederum bedeutet, dass es durchaus im Interesse eines Unternehmers liegen könnte, trotz grünen Rankings eine Prüfung des unbekannten Staubs vornehmen zu lassen. Dies gilt insbesondere für weit gespreizte Bandbreiten.

3.2 Ranking-Angaben

Es handelt sich um vordefinierte Formulierungen, die für die GSBL-Datenbank über folgende Integer-Werte (betrifft die Nachschlagetabelle T_STAUBB; siehe Anhang B) kodiert sind:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 und **9.**

Für alle Eigenschaften außer Mindestzündenergie

1. Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.

2. Angegebener Wert ist als Grenzwert nicht sicher, d. h.
wahrer Grenzwert ist möglicherweise **kleiner**.

3. Angegebener Wert ist als Grenzwert nicht sicher, d. h.
wahrer Grenzwert ist möglicherweise **größer**.

4. Angegebener Wert ist als Grenzwert äußerst unsicher
(Gründe können vielfältig sein z. B. Umfang auswertbarer Daten sehr gering).

Exklusiv für Mindestzündenergie

5. Angabe gilt als zuverlässig.

6. Angabe ist nicht sicher, d. h. wahrer Zahlenwert ist möglicherweise **kleiner** als der angegebene Wert.

7. Angabe ist nicht sicher, d. h. wahrer Zahlenwert ist möglicherweise **größer** als der angegebene Wert.

8. Angabe ist äußerst unsicher (Gründe können vielfältig sein z. B. Umfang auswertbarer Daten sehr gering).

Falls keiner der Ranking-Angaben 1 bis 8 zutreffend ist

9. siehe Bemerkung

Die gleichen Integer-Werte (1 bis 9) werden im Erfassungsformular verwendet (siehe Anhang E).

Anhang E

SSF-Beispieldatensatz/Erfassungsformular

Im Folgenden ist der Datensatz der Staubgruppe **Saccharose** im SSF-Format (Schnittstellenformat) dargestellt. Im Anschluss befindet sich das zugehörige Erfassungsformular, das im Zuge der Auswertung der Daten, die für die Staubgruppe vorlagen, ausgefüllt wurde.

Hinweis bzgl. des SSF-Beispieldatensatzes: **Blaue Schrift** markiert all jene Daten, die der Beschreibung der Staubgruppe dienen (Registriernamen, Zahlenwerte, physikalische Einheiten, Ranking, Bemerkungen, etc.). Die Graumarkierungen, z.B. **@;GSBL**, kennzeichnen jeweils den Beginn eines bestimmten Sachverhalts des Datensatzes, die Rotmarkierungen, z. B. **@;STUEG**, den Beginn derjenigen Sachverhalte (Merkmale), die der Abbildung der Bandbreiten der sicherheitstechnischen Kenngrößen dienen.

```
[GENERAL]
DATUM=18.04.12
DBDIR=3.26.0032
FORMAT=1.00
ZEIT=15:12
LIEFERANT=I1
ERFASSUNGSMODUL=1.03.053

[MERKMALE]
@;GSBL
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:15:10
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:GSBLRN=I6
@:STAR=|Stoffklasse
@;RNAME
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:19:57
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:RNAME=Saccharose
@:TYP=|Staubgruppen-Name
@:SPR=|Deutsch
@;RNAME
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:20:51
@:NEUDAT=02.02.2011 11:21:02
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:RNAME=Sucrose
@:TYP=|Staubgruppen-Name
@:SPR=|Deutsch
@;NAME
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:29:24
@:NEUDAT=17.05.2011 14:32:04
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:NAME=Zucker
```

@:TYP=|**Übergeordneter Begriff, der für alle Stäube gilt, die in der Staubgruppe enthalten sind.**
@:SPR=|Deutsch
@;NAME
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:31:08
@:NEUDAT=17.05.2011 14:32:25
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:NAME=**Haushaltszucker**
@:TYP=|**Anderer Name (Synonym) für Registriernamen der Staubgruppe**
@:SPR=|Deutsch
@;NAME
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:33:11
@:NEUDAT=17.05.2011 14:32:48
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:NAME=**Rübenzucker**
@:TYP=|**Anderer Name (Synonym) für Registriernamen der Staubgruppe**
@:SPR=|Deutsch
@;NAME
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:33:13
@:NEUDAT=17.05.2011 14:32:57
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:NAME=**Rohrzucker**
@:TYP=|**Anderer Name (Synonym) für Registriernamen der Staubgruppe**
@:SPR=|Deutsch
@;NAME
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:33:14
@:NEUDAT=17.05.2011 14:33:03
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:NAME=**Kristallzucker**
@:TYP=|Anderer Name (Synonym) für Registriernamen der Staubgruppe
@:SPR=|Deutsch
@;NAME
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:33:16
@:NEUDAT=17.05.2011 14:33:30
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:NAME=**Puderzucker**
@:TYP=|**Stofflicher Ursprung eines oder mehrerer Stäube, die in der Staubgruppe enthalten sind.**
@:SPR=|Deutsch
@;SKL
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:26:05
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:SKTYP=|**Staubgruppe**
@:REGL=**Staubgruppe bestehend aus 30 Staubproben (je Staub kann es mehrere Absiebungen geben).**
@;CASRN
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:22:36
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:CASRN=**57-50-1**

@;ERSCHB
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:36:40
@:NEUDAT=17.05.2011 14:34:16
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:S=**In der hier betrachteten Staubgruppe wurden verschiedene Saccharose-Stäube zusammengefasst. Die einzelnen Stäube der Gruppe unterscheiden sich hinsichtlich verschiedener physikalischer Parameter wie z. B. Korngrößenverteilung, Feuchte und Oberflächenbeschaffenheit (Oberflächenstruktur, Größe der Oberfläche). Zum Teil stammen die Saccharose-Stäube aus Entstaubungsanlagen (Trockner-Entstaubung, Siebstation-Entstaubung, Silo-Entstaubung). Aufgrund der Unterschiede in den physikalischen Parametern und der möglichen Verunreinigungen in den Stäuben resultieren für jeden einzelnen Staub der Staubgruppe individuelle Werte für die sicherheitstechnischen Kenngrößen. Für die Staubgruppe ergeben sich somit Bandbreiten dieser sicherheitstechnischen Kenngrößen.**
@;STUEG
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:39:11
@:NEUDAT=17.05.2011 14:34:49
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:QUALITAT=|**CHEMSAFE-Qualität (durch Experten bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen)**
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:MIN_LITUWRT=**30**
@:MIN_LITUWRTEIN=**g/m³**
@:MINB=|**Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.**
@:MAX_LITUWRT=**750**
@:MAX_LITUWRTEIN=**g/m³**
@:M=|**Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten.**
@;STPMAX
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:40:30
@:NEUDAT=17.05.2011 14:35:04
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:QUALITAT=|**CHEMSAFE-Qualität (durch Experten bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen)**
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:MIN_LITUWRT=**3.9**
@:MIN_LITUWRTEIN=**bar**
@:MAX_LITUWRT=**9.1**
@:MAX_LITUWRTEIN=**bar**
@:MAXB=|**Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.**
@:M=|**Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten.**
@;STKST
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:41:24
@:NEUDAT=17.05.2011 14:35:22
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:QUALITAT=|**CHEMSAFE-Qualität (durch Experten bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen)**
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:MIN_LITUWRT=**11**
@:MIN_LITUWRTEIN=**bar*m*s^-1**
@:MAX_LITUWRT=**140**
@:MAX_LITUWRTEIN=**bar*m*s^-1**
@:MAXB=|**Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.**
@:M=|**Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten.**
@;STEXKL
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:43:00
@:NEUDAT=18.05.2011 11:44:15
@:BEARB=|Thilo Böhme

@:QUALITAT=|CHEMSAFE-Qualität (durch Experten bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen)
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:STEXF=|Staubexplosionsfähigkeit ist innerhalb der Gruppe prinzipiell gegeben.
@:NPOS=29
@:NNEG=0
@:MIN=1
@:MAX=1
@:MAXB=|Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.
@:M=|Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten.
@;STMZE
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:44:19
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:QUALITAT=|CHEMSAFE-Qualität (durch Experten bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen)
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:STMZE_UGENAU=|<
@:STMZE_LITUWRT=5
@:STMZE_LITUWRTEIN=mJ
@:STMZEB=|Angabe ist nicht sicher, d.h. wahrer Zahlenwert ist möglicherweise kleiner als der angegebene Wert.
@:MINPOS_LITUWRT=5
@:MINPOS_LITUWRTEIN=mJ
@:MAXNEG_LITUWRT=1000000
@:MAXNEG_LITUWRTEIN=mJ
@:M=|Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten.
@;STZT
@:ERSTDAT=02.02.2011 11:45:23
@:NEUDAT=17.05.2011 14:36:51
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:QUALITAT=|CHEMSAFE-Qualität (durch Experten bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen)
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:MIN_LITUWRT=310
@:MIN_LITUWRTEIN=°C
@:MINB=|Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.
@:MAX_LITUWRT=480
@:MAX_LITUWRTEIN=°C
@:M=|Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten.
@;STMZT
@:ERSTDAT=02.02.2011 12:00:45
@:NEUDAT=17.05.2011 14:37:30
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:QUALITAT=|CHEMSAFE-Qualität (durch Experten bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen)
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:H_LITUWRT=0.005
@:H_LITUWRTEIN=m
@:MIN_LITUWRT=420
@:MIN_LITUWRTEIN=°C
@:MINB=|Angegebener Wert ist als Grenzwert nicht sicher, d.h. wahrer Grenzwert ist möglicherweise kleiner.
@:MAX_LITUWRT=460
@:MAX_LITUWRTEIN=°C
@:SCHM=|Schmelzen des Staubs im Einzelfall.
@:NSCHM=4
@:M=|Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten.
@;STBZ

@:ERSTDAT=02.02.2011 12:02:27
@:NEUDAT=17.05.2011 14:38:27
@:BEARB=|Thilo Böhme
@:QUALITAT=|**CHEMSAFE-Qualität (durch Experten bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen)**
@:LIEFERANT=I1
@:ZITAT=I1
@:T_UGENAU=|**ca.**
@:T_LITUWRT=**20**
@:T_LITUWRTEIN=**°C**
@:MIN=**2**
@:MAX=**5**
@:MAXB=|**Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.**
@:M=|**Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten.**
@:TXT=**Sämtliche Prüferergebnisse, die für die Gruppe vorliegen und die ohne Kieselgur erzielt wurden, ergaben eine Brennzahl von 2. In bestimmten Fällen wurden die Prüfungen in Mischung mit Kieselgur und ohne Kieselgur durchgeführt. In Mischung mit Kieselgur ergaben die Prüfungen desselben Staubs immer eine Erhöhung der Brennzahl. Für einige Stäube wurde auf diese Weise die Brennzahl 5 ermittelt.**

[ZITATE]
@.
@;ZIT
@:ERSTDAT=17.01.2011 16:12:50
@:NEUDAT=13.12.2011 17:26:43
@:BEARB=|Mütterlein
@:NR=I1
@:DT=|**Bericht - F+E-Vorhaben des GSBL**
@:AU=**Martin Schmidt**
@:AU=**Marc Scheid**
@:TI=**Festlegung relevanter sicherheitstechnischer Kenngrößen von Stäuben für den Explosionsschutz und Erarbeitung der zugehörigen Bandbreiten auf der Grundlage vorhandener Daten zur Aufnahme in den GSBL**
@:JAHR=**2011**
@:SPR=|Deutsch

[SPEZIES]

[LIEFERANT]
@.
@;LIEF
@:ERSTDAT=17.01.2011 09:56:16
@:NEUDAT=14.10.2011 19:03:11
@:BEARB=|Mütterlein
@:NR=I1
@:LIEF=**STK_Bandbreiten_Staubgruppen**
@:LIEFRNT=**BAM**
@:STR=**Unter den Eichen 87**
@:PLZ=**12205**
@:ORT=**Berlin**
@.
@;LIEF
@:ERSTDAT=01.04.2011 09:51:53
@:NR=I619
@:LIEF=**UBA-Stoffpflege**
@:LIEFRNT=**UBA**

[ROSDAL]

LABEL der Staubgruppe (in GESTIS-Staubdatei)	**SACCH**

INO-Nummer (interne Registriernummer des Erfassungsmoduls)	**6**

Anzahl der Staubproben in Staubgruppe (ohne Absiebungen) Anzahl ist unter GSBL-Merkmal ***Stoffklasse/Regel*** wie folgt anzugeben: "Staubgruppe bestehend aus … Staubproben (je Staubprobe kann es mehrere Absiebungen geben)."	**30**

Hinweis: Gleiche BIA-Nummern werden **nicht** mehrfach gezählt. Des Weiteren werden **nicht** mitgezählt: **[1]** alle **grau** hinterlegten Stäube (keine Angabe zur Korngrößenverteilung), **[2]** alle **rot** hinterlegten Stäube (Stäube zu grob) und **[3]** alle **gelb** hinterlegten Stäube (Ausreißer-Stäube). Eine Berücksichtigung der STKs dieser Stäube zur konservativen Gefahrenbeurteilung kann dennoch erfolgen. Dies ist bei der Vergabe des Rankings zu beachten bzw. es ist jeweils ein Hinweis im Bemerkungsfeld zu formulieren.

Registriername *Namenstyp* ist: "Staubgruppen-Name"	**Saccharose**
Weitere Registriernamen *Namenstyp* ist: "Staubgruppen-Name"	**Sucrose**

CAS-Nummer(n)	57-50-1

	Datum [JJJJ-MM-TT]	
Erstmalige Erstellung der Staubgruppe	2010-11-11	
Änderung der Zusammensetzung der Staubgruppe	2010-11-25	
		BEARBEITER
Bandbreiten (Erarbeitung bzw. Änderung)	2010-12-14	T. Böhme
Ranking (Erarbeitung bzw. Änderung)	2011-05-04	M. Scheid
Staubgruppenbeschreibung (Erarbeitung bzw. Änderung)	2011-05-09	T. Böhme
Registriernamen <u>und/oder</u> Sonstige Namen (Erarbeitung bzw. Änderung)	2011-05-09	T. Böhme
KONTROLLE aller Angaben in diesem Formular	2011-05-09	T. Böhme

ERFASSUNGSMODUL: Ausdrucken der erfassten Daten	2011-05-17	
ENDKONTROLLE der erfassten Daten (Vergleich mit diesem Formular)	2011-05-18	A. Seifert

Namenstypen (Liste kann bei Bedarf ergänzt werden):

Anderer Name (Synonym) für Registriernamen der Staubgruppe

Übergeordneter Begriff, der für alle Stäube gilt, die in der Staubgruppe enthalten sind

Übergeordneter Begriff, der für einen oder mehrere Stäube gilt, die in der Staubgruppe enthalten sind

Stofflicher Ursprung aller Stäube, die in der Staubgruppe enthalten sind

Stofflicher Ursprung eines oder mehrerer Stäube, die in der Staubgruppe enthalten sind

Wesentlicher stofflicher Bestandteil, der in allen Stäuben der Staubgruppe enthalten ist

Sonstige Namen	***Namenstyp*** *(frei definierbar)*
Zucker	Übergeordneter Begriff, der für alle Stäube gilt, die in der Staubgruppe enthalten sind
Haushaltszucker	Anderer Name (Synonym) für Registriernamen der Staubgruppe
Rübenzucker	Anderer Name (Synonym) für Registriernamen der Staubgruppe
Rohrzucker	Anderer Name (Synonym) für Registriernamen der Staubgruppe
Kristallzucker	Anderer Name (Synonym) für Registriernamen der Staubgruppe
Puderzucker	Stofflicher Ursprung eines oder mehrerer Stäube, die in der Staubgruppe enthalten sind

INTERNE VERMERKE (Angaben nicht für Datenbank)

GSBL-Merkmal: ***Stoffbeschreibung/Erscheinungsbild*** *(Freitextfeld)*

Hinweis für Texteingabe: keine Leerzeilen und keine Zeilenumbrüche!
Maximal 2000 Zeichen inkl. Leerzeichen.

In der hier betrachteten Staubgruppe wurden verschiedene Saccharose-Stäube zusammengefasst. Die einzelnen Stäube der Gruppe unterscheiden sich hinsichtlich verschiedener physikalischer Parameter wie z. B. Korngrößenverteilung, Feuchte und Oberflächenbeschaffenheit (Oberflächenstruktur, Größe der Oberfläche). Zum Teil stammen die Saccharose-Stäube aus Entstaubungsanlagen (Trockner-Entstaubung, Siebstation-Entstaubung, Silo-Entstaubung). Aufgrund der Unterschiede in den physikalischen Parametern und der möglichen Verunreinigungen in den Stäuben resultieren für jeden einzelnen Staub der Staubgruppe individuelle Werte für die sicherheitstechnischen Kenngrößen. Für die Staubgruppe ergeben sich somit Bandbreiten dieser sicherheitstechnischen Kenngrößen.

INTERNE VERMERKE (Angaben nicht für Datenbank)

1. Untere Explosionsgrenze, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)

		[g/m^3]	***1, 2, 3, 4 oder 9***
[1.1] Minimaler Messwert	[1.2] ***Ranking***	30	1
[1.3] Maximaler Messwert		750	

Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 1.1	
Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 1.3	

[1.4] Bemerkungen **(optional)**	

INTERNE VERMERKE (Angaben nicht für Datenbank)

2. Maximaler Explosions-Überdruck, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)

		[bar]	***1, 2, 3, 4 oder 9***
[2.1] Minimaler Messwert		3,9	N/A
[2.2] Maximaler Messwert	[2.3] ***Ranking***	9,1	1

Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 2.1	
Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 2.2	

[2.4] Bemerkungen **(optional)**	

INTERNE VERMERKE (Angaben nicht für Datenbank)

3. K_{St}-Wert, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)

		[bar m/s]	***1, 2, 3, 4 oder 9***
[3.1] Minimaler Wert		11	N/A
[3.2] Maximaler Wert	[3.3] ***Ranking***	140	1

Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 2.1	
Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 2.2	

[3.4] Bemerkungen **(optional)**	

INTERNE VERMERKE (Angaben nicht für Datenbank)

4. Staubexplosionsfähigkeit/Staubexplosionsklasse, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)

	1 oder **2**
[4.1] "*Staubexplosionsfähigkeit ist prinzipiell gegeben*" = **Feldeintrag 1** "*für **alle** untersuchten Stäube konnte Staubexplosionsfähigkeit **nicht** nachgewiesen werden*" = **Feldeintrag 2**	1

[4.2] **Anzahl** explosionsfähiger Stäube (Nachweis/Hinweis = **JA**) (**Regeln beachten!**)	29
[4.3] **Anzahl** Stäube, die nachweislich keine Explosion ergaben (**Regeln beachten!**)	0

		St	***1, 2, 3, 4 oder 9***
[4.4] minimaler Wert der **Ex-Klasse**		1	N/A
[4.5] maximaler Wert der **Ex-Klasse**	[4.6] ***Ranking***	1	1

Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 4.4	
Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 4.5	

[4.7] Bemerkungen **(optional)**	

INTERNE VERMERKE (Angaben nicht für Datenbank)

5. Mindestzündenergie, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)

		"<" oder ">"	[mJ]	*5, 6, 7, 8 oder 9*
[5.1] Mindestzündenergie	[5.2] ***Ranking***	<	5	6

	[mJ]
[5.3] **Niedrigste** Energie **mit** Zündung	5
[5.4] **Höchste** Energie, **keine** Zündung	1.000.000

Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 5.3	
Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 5.4	

[5.5] Bemerkungen **(optional)**	

INTERNE VERMERKE (Angaben nicht für Datenbank)

6. Zündtemperatur, Staubgruppe (aufgewirbelter Staub)

		[°C]	***1, 2, 3, 4 oder 9***
[6.1] Minimaler Messwert	[6.2] ***Ranking***	310	1
[6.3] Maximaler Messwert		480	

BEACHTE: Felder [6.1], [6.2] und [6.3] sind Pflichtfelder

Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 6.1	
Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 6.3	

	[°C]
[6.4] Höchste Abbruchtemperatur (ab/inkl. Max. Wert Bandbreite!)	

Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 6.4	

[6.5] Bemerkungen **(optional)**	

INTERNE VERMERKE (Angaben nicht für Datenbank)

7. Mindestzündtemperatur, Staubgruppe (abgelagerter Staub)

Merkmal ist **multiple**. Damit kann das Merkmal der Staubgruppe mehrmals zugewiesen werden. Dies ist erforderlich, wenn Bandbreiten für unterschiedliche Schichtdicken vorliegen **(im Prinzip beliebig viele Datensätze der Mindestzündtemperatur möglich)**.

		[m]	
[7.1] Dicke der Staubschicht		0,005	
		[°C]	***1, 2, 3, 4 oder 9***
[7.2] Minimaler Messwert	[7.3] ***Ranking***	420	2
[7.4] Maximaler Messwert		460	

BEACHTE: Felder [7.2], [7.3] und [7.4] sind Pflichtfelder

Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 7.2	
Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 7.4	

	[°C]
[7.5] Höchste Abbruchtemperatur (ab/inkl. Max. Wert Bandbreite!)	

Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 7.5	

	1, **2** oder **leer**
[7.6] "*Schmelzen des Staubs im Einzelfall*" = **Feldeintrag 1** "*alle untersuchten Stäube sind geschmolzen*" = **Feldeintrag 2**	1
[7.7] **Anzahl** geschmolzener Stäube **(optional, Regeln beachten!)**	4

[7.8] Bemerkungen **(optional)**	

INTERNE VERMERKE (Angaben nicht für Datenbank)

8. Brennverhalten, Staubgruppe (abgelagerter Staub)

Merkmal ist **multiple**. Damit kann das Merkmal der Staubgruppe mehrmals zugewiesen werden. Dies ist erforderlich, wenn Bandbreiten der Brennzahl für verschiedene Temperaturen vorliegen **(im Prinzip beliebig viele Datensätze zum Brennverhalten möglich)**.

		[°C]	
[8.1] Prüftemperatur		**ca.** 20	
		BZ	***1, 2, 3, 4 oder 9***
[8.2] minimaler Wert der **Brennzahl**		2	N/A
[8.3] maximaler Wert der **Brennzahl**	[8.4] ***Ranking***	5	1

Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 8.2	
Optional: Name und/oder BIA-Nr. des Staubs bzgl. 8.3	

[8.5] Bemerkungen **(optional)**	Sämtliche Prüferergebnisse, die für die Gruppe vorliegen und die ohne Kieselgur erzielt wurden, ergaben eine Brennzahl von 2. In bestimmten Fällen wurden die Prüfungen in Mischung mit Kieselgur und ohne Kieselgur durchgeführt. In Mischung mit Kieselgur ergaben die Prüfungen desselben Staubs immer eine Erhöhung der Brennzahl. Für einige Stäube wurde auf diese Weise die Brennzahl 5 ermittelt.

INTERNE VERMERKE (Angaben nicht für Datenbank)

Anhang F

Erfassungsrichtlinien

Im Folgenden ist in kommentierter Form dargestellt, welche Angaben zu einem vollständigen Datensatz einer Staubgruppe gehören und wie die Daten in den einzelnen Feldern der GSBL-Datenstruktur abgebildet werden (siehe zum Vergleich auch den Beispieldatensatz der Staubgruppe **Saccharose** im **Anhang E**). Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den Erfassungsrichtlinien nicht um Regeln der Datenauswertung handelt (Richtlinien der Datenauswertung siehe Anhang D).

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemein 115

2. GLP 117

3. Identmerkmale (für jede Staubgruppe) 117

3.1. Sachverhalt: STOFF *GSBL* (Pflicht) 117
3.2. Sachverhalt: STOFFTYP *STTY* (multipel) 117
3.3. Sachverhalt: REGISTRIERNAME *RNAME* (Pflicht, multipel) 118
3.4. Sachverhalt: SONSTIGE NAMEN *NAME* (multipel) 118
3.5. Sachverhalt: STOFFKLASSE *SKL* 118
3.6. Sachverhalt: CAS-RN *CASRN* (multipel) 119

4. Merkmal Stoffbeschreibung/Erscheinungsbild (für jede Staubgruppe) 121

4.1. Sacherverhalt: STOFFBESCHREIBUNG/ERSCHEINUNGSBILD *ERSCHB* (multipel) 121

5. Merkmale der sicherheitstechnischen Kenngrößen der Staubgruppen 123

5.1. Sacherverhalt: UNTERE EXPLOSIONSGRENZE *STUEG* 123
5.2. Sacherverhalt: MAXIMALER EXPLOSIONS-ÜBERDRUCK *STPMAX* 124
5.3. Sacherverhalt: KST-WERT *STKST* 124
5.4. Sacherverhalt: STAUBEXPLOSIONSFÄHIGKEIT/STAUBEXPLOSIONSKLASSE *STEXKL* 125
5.5. Sacherverhalt: MINDESTZÜNDENERGIE *STMZE* 126
5.6. Sacherverhalt: ZÜNDTEMPERATUR *STZT* 126
5.7. Sacherverhalt: MINDESTZÜNDTEMPERATUR *STMZT* (multipel) 127
5.8. Sacherverhalt: BRENNVERHALTEN *STBZ* (multipel) 129

1. Allgemein

Ein Datensatz besteht aus verschiedenen Sachverhalten. Bei Verwendung des sogenannten Erfassungsmoduls ERF32[1] wird jedem einzelnen Sachverhalt des Datensatzes zum Zeitpunkt seiner Erfassung das aktuelle Kalenderdatum inklusive Uhrzeit sowie der Name des angemeldeten Datenerfassers *automatisch* zugewiesen. Im erfassten Datensatz (exportiert als SSF-Format) befinden sich diese Angaben unter der Position ERSTDAT (**Ersteingang)** bzw. unter der Position BEARB (**Bearbeiter)**. Die Angaben zum Bearbeiter müssen im Erfassungsmodul zuvor hinterlegt worden sein (hier nicht beschrieben).

Falls innerhalb des Datensatzes nachträglich eine Veränderung/Aktualisierung eines Sachverhalts erfolgt, werden Kalenderdatum und Uhrzeit unter NEUDAT (**Neueingang)** abgelegt, die ursprünglichen Einträge unter ERSTDAT bleiben erhalten.

- Beispieleintrag für **Bearbeiter**:
  - BEARB=|Alexander Seifert

  Bemerkung: Mit *Bearbeiter* ist diejenige Person gemeint, die die Daten für die Datenbank *erfasst*. Es handelt sich nicht um die Person, die die Daten erzeugt hat (Auswertung bestehender Datenkollektive).

Für die meisten Sachverhalte des Datensatzes sind zusätzlich zu **Ersteingang** [bzw. **Neueingang**] und **Bearbeiter** Angaben bezüglich **Qualität**, **Quelle** und **Zitat** gefordert. Diese Angaben müssen ebenfalls im Erfassungsmodul hinterlegt worden sein (hier nicht beschrieben) und werden bei der Erfassung der einzelnen Sachverhalte entsprechend zugewiesen (Die Zuweisung der Angaben bezüglich **Qualität** und **Zitat** erfolgt *nicht automatisch*! Ein Fehlen dieser Daten wird beim späteren Datenimport in den GSBL nicht erkannt!).

Die folgenden Einträge bezüglich Qualität, Quelle und Zitat sollen einheitlich für alle Staubgruppen verwendet werden:

- Eintrag für **Qualität**:
  - QUALITAT=|CHEMSAFE-Qualität (durch Experten-Team bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen)

- Einträge für **Quelle** (LIEFARANT):
  - LIEF=STK_Bandbreiten_Staubgruppen
  - LIEFRNT=BAM
  - STR=Unter den Eichen 87
  - PLZ=12205
  - ORT=Berlin
  -
- Einträge für Zitat (ZITAT):
  - DT=|Bericht zum F&E-Vorhaben des GSBL
  - AU=Dr. Martin Schmidt
  - AU=Dr. Marc Scheid
  - TI= Festlegung relevanter sicherheitstechnischer Kenngrößen von Stäuben für den Explosionsschutz und Erarbeitung der zugehörigen Bandbreiten auf der Grundlage vorhandener Daten zur Aufnahme in den GSBL
  - JAHR=2011
  - SPR=|Deutsch

[1] Erfassungsmodul GSBL, Version 1.03.053, Softron GmbH, 1997

Hinweis: Alle Einträge innerhalb des Datensatzes, die mit "|" beginnen, sind vorformulierte Angaben, die Bestandteil der GSBL-Datenstruktur sind. Die Angaben befinden sich in bestimmten Tabellen.

2. GLP

Angaben zu GLP sind nicht erforderlich. Zum einen lassen sich Aussagen bezüglich GLP nicht mit dem Konzept von Staubgruppen vereinbaren, da die Frage nach der Einhaltung der GLP-Grundsätze nur sinnvoll im Zusammenhang mit der Prüfung einzelner Stoffe (Stäube) ist. Aufgrund der Vereinigung verschiedener Stäube in einer Gruppe ist es prinzipiell nicht möglich, eine einzelne, allgemeingültige GLP-Aussage für die resultierenden Bandbreiten zu treffen bzw. es ist nicht korrekt, diese eine GLP-Aussage den verschiedenen Kenngrößenwerten der Einzelstäube zuzuordnen. Zum anderen besitzen die Prüfeinrichtungen keine GLP-Bescheinigung für die Staubuntersuchungen. Aussagen zu GLP erübrigen sich daher.

Aus den genannten Gründen wurden in der Datenstruktur keine Felder zur Aufnahme von Informationen zu GLP eingerichtet.

3. Identmerkmale (für jede Staubgruppe)

3.1. Sachverhalt: STOFF *GSBL* (Pflicht)

Dieser Sachverhalt (Langbezeichnung: **STOFF**, Kurzbezeichnung ***GSBL***) gehört zu den sogenannten Identmerkmalen des GSBL und dient dazu, einen Stoff neu anzulegen. Der Sachverhalt ist untergliedert in mehrere Felder (z.B. GSBL-RN, Stoffart), die bestimmte Daten aufnehmen (Daten in blauer Schrift):

- GSBL-RN *GSBL.GSBLRN* (Pflicht)
  - GSBLRN=I6

  Bemerkung: GSBLRN (interne Registriernummer; INO) wird bei Verwendung des Erfassungsmoduls automatisch vergeben.
- Stoffart *GSBL.STAR* (Pflicht)
  - STAR=|Stoffklasse

  Bemerkung: Staubgruppen werden im GSBL als "Stoffklasse" betrachtet (nicht als "Einzelinhaltsstoff" und nicht als "Komponentenstoff").
- Strukturnummer *GSBL.SNR*: kein Eintrag erforderlich
- Sperre *GSBL.SPERRE*: kein Eintrag erforderlich
- Stoffpflegesperre *GSBL.SPFSPERRE*: kein Eintrag erforderlich
- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB).

3.2. Sachverhalt: STOFFTYP *STTY* (multipel)

- Stofftyp *STTY.STTY*
  - STTY=Staubgruppe
- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).

3.3. Sachverhalt: REGISTRIERNAME *RNAME* (Pflicht, multipel)

- Registriername *RNAME.RNAME* (Pflicht)
  - RNAME=Saccharose
- Namensart *RNAME.TYP* (Pflicht)
  - TYP=|Staubgruppen-Name
- Sprachkennung *RNAME.SPR* (Pflicht)
  - SPR=|Deutsch
- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).

Hinweis: Der Sachverhalt REGISTRIERNAME ist multipel. Daher kann der Sachverhalt der Staubgruppe mehrfach zugewiesen werden. In diesem Fall besitzt die betrachtete Staubgruppe den Sachverhalt mehrmals. Ein weiterer Registriername für Saccharose ist beispielsweise Sucrose.

3.4. Sachverhalt: SONSTIGE NAMEN *NAME* (multipel)

- Name *NAME.NAME* (Pflicht)
  - NAME=Zucker
- Namensart *NAME.TYP* (Pflicht)
  - TYP=|Übergeordneter Begriff, der für alle Stäube gilt, die in der Staubgruppe enthalten sind.
- Sprachkennung *NAME.SPR* (Pflicht)
  - SPR=|Deutsch
- Namenszusatz *NAME.ZUS*: kein Eintrag erforderlich
- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).

Hinweise: Der Sachverhalt SONSTIGE NAMEN ist multipel. Daher kann der Sachverhalt der Staubgruppe mehrfach zugewiesen werden. Weitere sonstige Namen sind beispielsweise Haushaltszucker, Rübenzucker, Rohrzucker, Kristallzucker usw. Für Namensart (TYP) ist jeweils ein sinnvoller Eintrag zu finden. Die Formulierung sollte möglichst allgemein gewählt sein, dass sie auch für andere sonstige Namen anderer Staubgruppen verwendet werden kann.

Die sonstigen Namen sind für die ***Datenbankabfrage*** von Bedeutung. Es wird gewährleistet, dass nicht nur die Suche nach Saccharose zum Treffer Saccharose führt sondern auch die Suche nach Kristallzucker.

3.5. Sachverhalt: STOFFKLASSE *SKL*

Hinweis: Dieser Sachverhalt ist für die ***Beschreibung der Staubgruppen*** von herausragender Bedeutung; er ist jedoch kein Pflichtmerkmal! Im Feld Regel (siehe unten) wird die Informa-

tion abgelegt, aus wie vielen unterschiedlichen Stäuben die Staubgruppe zusammen gesetzt ist.

- Typ der Stoffklasse *SKL.SKTYP* (Pflicht)
  - SKTYP=|Staubgruppe

  Bemerkung: Für Staubgruppen wurde der Typ der Stoffklasse als "Staubgruppe" festgelegt (nicht "Regelwerk", "chemische Stoffklasse" und "Klassifizierung nach Verwendungszweck").
- Regelwerk *SKL.REGW*: kein Eintrag erforderlich
- Regel *SKL.REGL*:
  - REGL=Staubgruppe bestehend aus 30 Staubproben (je Staub kann es mehrere Absiebungen geben).

  ***Wichtiger Hinweis*:** *SKL.REGL* ist kein Pflichtfeld. Werden keine Einträge vorgenommen, so wird dies beim Datenimport nicht erkannt! *SKL.REGL* ist für Freitext zugelassen. Es sollte aber immer die gleiche Formulierung verwendet werden. Lediglich die Anzahl der gruppierten Stäube ist anzupassen.
- Substruktur-Query *SKL.QE*: kein Eintrag erforderlich
- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).

3.6. Sachverhalt: CAS-RN *CASRN* (multipel)

Hinweis: Dieser Sachverhalt ist multipel und kann der Staubgruppe mehrfach zugewiesen werden. Er dient der Zuordnung von CAS-Nummern. Es sollten aber nur diejenigen Staubgruppen CAS-Nummern erhalten, die chemisch gut definiert sind. Bei Staubgruppen, die aus sehr unterschiedlichen Einzelstäuben zusammen gesetzt sind, z.B. Mischgruppe aus verschiedenen Zuckerarten, muss auf die Zuweisung von CAS-Nummern verzichtet werden. Die CAS-Nummern sind für die ***Datenbankabfrage*** von Bedeutung und sollten im Einklang mit den vergebenen Registriernamen stehen.

- CAS-RN *CASRN.CASRN* (Pflicht)
  - CASRN=57-50-1
- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).

4. Merkmal Stoffbeschreibung/Erscheinungsbild (für jede Staubgruppe)

4.1. Sacherverhalt: STOFFBESCHREIBUNG/ERSCHEINUNGSBILD *ERSCHB* (multipel)

Hinweis: Dieser Sachverhalt gehört zu den Merkmalen "Physikalisch-chemischen Daten" (PC-Daten) des GSBL; er ist kein Pflichtmerkmal. Der Sachverhalt ist aber für die ***Beschreibung der Staubgruppen*** von herausragender Bedeutung. Er dient letztendlich der Identifikation einer Staubgruppe bzw. der Abgrenzung gegenüber anderen, ähnlichen Staubgruppen (In Form von Text statt einer Strukturformel; die Angabe von Strukturformeln zum Zwecke der Stoffidentifikation ist bei Stäuben bzw. Staubgruppen grundsätzlich nicht möglich). Folgende Fakten sollten im Feld *ERSCHB.S* zusammengestellt werden: (1) Art der Stäube, die gruppiert wurden; (2) Art der Stäube, die bei der Gruppierung nicht berücksichtigt wurden; (3) Art und Umfang möglicher Verunreinigungen; (4) Informationen zu Parametern wie maximale Korngröße, Medianwert, Feuchte etc. Die anzustrebende Qualität der Beschreibung sollte die eines ***Abstracts*** sein, wie sie für wissenschaftliche Publikationen üblich ist.

- Stoffbeschreibung/Erscheinungsbild *ERSCHB.ERSCHB*: kein Eintrag erforderlich
- Stoffbeschreibung/Erscheinungsbild Text: *ERSCHB.S*
    - S=In der hier betrachteten Staubgruppe wurden verschiedene Saccharose-Stäube zusammengefasst. Die einzelnen Stäube der Gruppe unterscheiden sich hinsichtlich verschiedener physikalischer Parameter wie z. B. Korngrößenverteilung, Feuchte und Oberflächenbeschaffenheit (Oberflächenstruktur, Größe der Oberfläche). Zum Teil stammen die Saccharose-Stäube aus Entstaubungsanlagen (Trockner-Entstaubung, Siebstation-Entstaubung, Silo-Entstaubung). Aufgrund der Unterschiede in den physikalischen Parametern und der möglichen Verunreinigungen in den Stäuben resultieren für jeden einzelnen Staub der Staubgruppe individuelle Werte für die sicherheitstechnischen Kenngrößen. Für die Staubgruppe ergeben sich somit Bandbreiten dieser sicherheitstechnischen Kenngrößen.

  Wichtiger Hinweis: *ERSCHB.S* ist kein Pflichtfeld. Werden keine Einträge vorgenommen, so wird dies beim Datenimport nicht erkannt! *ERSCHB.S* ist für Freitext zugelassen und auf 2000 alphanumerische Zeichen begrenzt.
- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).

5. Merkmale der sicherheitstechnischen Kenngrößen der Staubgruppen

Zum besseren Verständnis der hier folgenden Ausführungen siehe auch die im Anhang B dargestellte Datenstruktur zur Abbildung der Bandbreiten. Sämtliche Felder zur Abbildung numerischer Daten sind **nicht** als **Bereichsfelder** deklariert. Die numerischen Felder besitzen folgende Substruktur, die durch das GSBL-Datenmodell vorgegeben ist:

- unterer Wert (UWRT)
- untere Genauigkeit (UGENAU)
- Plausibilität (PLAU)
- Umschreibung (UMSCHR)
- unterer Literaturwert (LITUWRT)
- untere Literaturwerteinheit (LITUWRTEIN)
- Literaturwertestring (LITWRTSTR)

Zur Abbildung der Bandbreiten der sicherheitstechnischen Kenngrößen werden nur bestimmte Subfelder dieser Substruktur benötigt. Die nichtverwendeten Subfelder werden im Folgenden nicht mit aufgeführt.

5.1. Sacherverhalt: UNTERE EXPLOSIONSGRENZE *STUEG*

- Minimaler Messwert *STUEG.MIN* (Pflicht)
  - MIN_LITUWRT=30
  - MIN_LITUWRTEIN=g/m³
- Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert *STUEG.MINB* (Pflicht)
  - MINB=|Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Belastbarkeit (Ranking) aus einer Liste ausgewählt werden. Es stehen insgesamt 9 Einträge zur Auswahl.
- Maximaler Messwert *STUEG.MAX* (Pflicht)
  - MAX_LITUWRT=750
  - MAX_LITUWRTEIN=g/m³
- Methode *STUEG.M* (Pflicht)
  - M=|Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten-Team.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Methode aus einer Liste ausgewählt werden. Es steht nur ein Eintrag zur Auswahl.
- Bemerkungen *STUEG.TXT* (optional)
  - TXT=
- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Qualität** (QUALITAT), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).

5.2. Sacherverhalt: Maximaler Explosions-Überdruck *STPMAX*

- Minimaler Messwert *STPMAX.MIN* (Pflicht)
  - MIN_LITUWRT=3.9
  - MIN_LITUWRTEIN=bar
- Maximaler Messwert *STPMAX.MAX* (Pflicht)
  - MAX_LITUWRT=9.1
  - MAX_LITUWRTEIN=bar
- Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert *STPMAX.MAXB* (Pflicht)
  - MAXB=| Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Belastbarkeit (Ranking) aus einer Liste ausgewählt werden. Es stehen insgesamt 9 Einträge zur Auswahl.
- Methode *STPMAX.M* (Pflicht)
  - M=|Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten-Team.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Methode aus einer Liste ausgewählt werden. Es steht nur ein Eintrag zur Auswahl.
- Bemerkungen *STPMAX.TXT* (optional)
  - TXT=
- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Qualität** (QUALITAT), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).

5.3. Sacherverhalt: KST-WERT *STKST*

- Minimaler Messwert *STKST.MIN* (Pflicht)
  - MIN_LITUWRT=11
  - MIN_LITUWRTEIN=bar*m*s^-1
- Maximaler Messwert *STKST.MAX* (Pflicht)
  - MAX_LITUWRT=140
  - MAX_LITUWRTEIN=bar*m*s^-1
- Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert *STKST.MAXB* (Pflicht)
  - MAXB=| Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Belastbarkeit (Ranking) aus einer Liste ausgewählt werden. Es stehen insgesamt 9 Einträge zur Auswahl.
- Methode *STKST.M* (Pflicht)
  - M=|Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten-Team.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Methode aus einer Liste ausgewählt werden. Es steht nur ein Eintrag zur Auswahl.

- Bemerkungen *STKST.TXT* (optional)
  - TXT=
- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Qualität** (QUALITAT), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).

5.4. Sacherverhalt: Staubexplosionsfähigkeit/Staubexplosionsklasse *STEXKL*

- Staubexplosionsfähigkeit *STEXKL.STEXF* (Pflicht)
  - STEXF=|Staubexplosionsfähigkeit ist innerhalb der Gruppe prinzipiell gegeben.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Staubexplosionsfähigkeit aus einer Liste ausgewählt werden. Es stehen zwei Einträge zur Auswahl.
- Anzahl explosionsfähiger Stäube *STEXKL.NPOS* (Pflicht)
  - NPOS_LITUWRT=29
- Anzahl der Stäube, die nicht zur Explosion gebracht werden konnten *STEXKL.NNEG* (Pflicht)
  - NNEG_LITUWRT=0
- Explosionsklasse, minimaler Wert *STEXKL.MIN* (Pflicht)
  - MIN_LITUWRT=1
- Explosionsklasse, maximaler Wert *STEXKL.MAX* (Pflicht)
  - MAX_LITUWRT=1
- Belastbarkeit des maximalen Werts als Grenzwert *STEXKL.MAXB* (Pflicht)
  - MAXB=|Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Belastbarkeit (Ranking) aus einer Liste ausgewählt werden. Es stehen insgesamt 9 Einträge zur Auswahl.
- Methode *STEXKL.M* (Pflicht)
  - M=|Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten-Team.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Methode aus einer Liste ausgewählt werden. Es steht nur ein Eintrag zur Auswahl.
- Bemerkungen *STEXKL.TXT* (optional)
  - TXT=
- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Qualität** (QUALITAT), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).

5.5. Sacherverhalt: MINDESTZÜNDENERGIE *STMZE*

- Mindestzündenergie *STMZE.STMZE* (Pflicht)
  - STMZE_UGENAU=|<

    Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Genauigkeit aus einer Liste ausgewählt werden. Es stehen insgesamt 6 Einträge zur Auswahl. Von diesen dürfen aber nur das kleiner-als-Zeichen oder das größer-als-Zeichen ausgewählt werden.

  - STMZE_LITUWRT=5
  - STMZE_LITUWRTEIN=mJ
- Belastbarkeit der Angabe zur Mindestzündenergie *STMZE.STMZEB* (Pflicht)
  - STMZEB=|Angabe ist nicht sicher, d.h. wahrer Zahlenwert ist möglicherweise kleiner als der angegebene Wert.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Belastbarkeit (Ranking) aus einer Liste ausgewählt werden. Es stehen insgesamt 9 Einträge zur Auswahl.

- Niedrigste Energie, die nachweislich Explosion ergab *STMZE.MINPOS* (optional)
  - MINPOS_LITUWRT=5
  - MINPOS_LITUWRTEIN=mJ
- Höchste Energie, die nachweislich keine Explosion ergab *STMZE.MAXNEG* (optional)
  - MAXNEG_LITUWRT=1000000
  - MAXNEG_LITUWRTEIN=mJ
- Methode *STMZE.M* (Pflicht)
  - M=|Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten-Team.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Methode aus einer Liste ausgewählt werden. Es steht nur ein Eintrag zur Auswahl.

- Bemerkungen *STMZE.TXT* (optional)
  - TXT=
- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Qualität** (QUALITAT), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).

5.6. Sacherverhalt: ZÜNDTEMPERATUR *STZT*

- Minimaler Messwert *STZT.MIN* (Pflicht)
  - MIN_LITUWRT=310
  - MIN_LITUWRTEIN=°C

  Wichtiger Hinweis: Falls es keinen minimalen Messwert gibt, sondern nur eine höchste Abbruchtemperatur (siehe unten), muss aufgrund der Pflichtfelddeklaration ein Eintrag im Feld MIN_LITWRTSTR erfolgen, z.B. "keine Daten vorhanden".

- Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert *STZT.MINB* (Pflicht)
  - MINB=|Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Belastbarkeit (Ranking) aus einer Liste ausgewählt werden. Es stehen insgesamt 9 Einträge zur Auswahl. Falls es keinen minimalen Messwert gibt, der gewertet werden kann, so ist der Eintrag "siehe Bemerkung" auszuwählen, um die Pflichtfelddeklaration zu erfüllen.

- Maximaler Messwert *STZT.MAX* (Pflicht)
  - MAX_LITUWRT=480
  - MAX_LITUWRTEIN=°C

  Wichtiger Hinweis: Falls es keinen maximalen Messwert gibt, sondern nur eine höchste Abbruchtemperatur (siehe unten), muss aufgrund der Pflichtfelddeklaration ein Eintrag im Feld MAX_LITWRTSTR erfolgen, z.B. "keine Daten vorhanden".

- Höchste Abbruchtemperatur *STZT.X* (optional)
  - MAX_LITUWRT=480
  - MAX_LITUWRTEIN=°C

- Methode *STZT.M* (Pflicht)
  - M=|Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten-Team.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Methode aus einer Liste ausgewählt werden. Es steht nur ein Eintrag zur Auswahl.

- Bemerkungen *STZT.TXT* (optional)
  - TXT=

  Wichtiger Hinweis: Falls im Zusammenhang mit dem Ranking auf das Bemerkungsfeld verwiesen wurde, weil keine Zündtemperaturen vorhanden sind, so ist hier ein entsprechender Eintrag vorzunehmen, z.B. "Es liegen keine konkreten Zündtemperaturen vor. Sämtliche Temperaturen dokumentieren Prüfungen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt abgebrochen wurden, ohne dass eine Entzündung beobachtet werden konnte".

- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Qualität** (QUALITAT), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).

5.7. Sacherverhalt: MINDESTZÜNDTEMPERATUR *STMZT* (multipel)

Bemerkung: Dieser Sachverhalt ist multipel aufgrund des Schichtdickenparameters (siehe unten). Liegen Mindestzündtemperaturen für verschiedene Schichtdicken vor, so kann der Sachverhalt der Staubgruppe entsprechend oft zugewiesen werden.

- Dicke der Staubschichten (Parameter) *STMZT.H* (Pflicht)
  - H_LITUWRT=0.005
  - H_LITUWRTEIN=m

- Minimaler Messwert *STMZT.MIN* (Pflicht)
  - MIN_LITUWRT=420
  - MIN_LITUWRTEIN=°C

  Wichtiger Hinweis: Falls es keinen minimalen Messwert gibt, sondern nur eine höchste Abbruchtemperatur (siehe unten), muss aufgrund der Pflichtfelddeklaration ein Eintrag im Feld MIN_LITWRTSTR erfolgen, z.B. "keine Daten vorhanden".

- Belastbarkeit des minimalen Messwerts als Grenzwert *STMZT.MINB* (Pflicht)
  - MINB=|Angegebener Wert ist als Grenzwert nicht sicher, d.h. wahrer Grenzwert ist möglicherweise kleiner.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Belastbarkeit (Ranking) aus einer Liste ausgewählt werden. Es stehen insgesamt 9 Einträge zur Auswahl. Falls es keinen minimalen Messwert gibt, der gewertet werden kann, so ist der Eintrag "siehe Bemerkung" auszuwählen, um die Pflichtfelddeklaration zu erfüllen.

- Maximaler Messwert *STMZT.MAX* (Pflicht)
  - MAX_LITUWRT=460
  - MAX_LITUWRTEIN=°C

  Wichtiger Hinweis: Falls es keinen maximalen Messwert gibt, sondern nur eine höchste Abbruchtemperatur (siehe unten), muss aufgrund der Pflichtfelddeklaration ein Eintrag im Feld MAX_LITWRTSTR erfolgen, z.B. "keine Daten vorhanden".

- Höchste Abbruchtemperatur *STMZT.X* (optional)
  - MAX_LITUWRT=
  - MAX_LITUWRTEIN=

- Hinweis bzgl. Schmelzen *STMZT.SCHM* (optional)
  - SCHM=|Schmelzen des Staubs im Einzelfall.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag aus einer Liste ausgewählt werden. Es stehen zwei Einträge zur Auswahl.

- Anzahl geschmolzener Stäube *STMZT.NSCHM* (optional)
  - NSCHM_LITUWRT=4

- Methode *STMZT.M* (Pflicht)
  - M=|Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten-Team.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Methode aus einer Liste ausgewählt werden. Es steht nur ein Eintrag zur Auswahl.

- Bemerkungen *STMZT.TXT* (optional)
  - TXT=

  Wichtiger Hinweis: Falls im Zusammenhang mit dem Ranking auf das Bemerkungsfeld verwiesen wurde, weil keine Mindestzündtemperaturen vorhanden sind, so ist hier ein entsprechender Eintrag vorzunehmen, z.B. "Es liegen keine konkreten Mindestzündtemperaturen vor. Sämtliche Temperaturen dokumentieren Prüfungen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt abgebrochen wurden, ohne dass eine Entzündung beobachtet werden konnte".

- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Qualität** (QUALITAT), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).

5.8. Sacherverhalt: BRENNVERHALTEN *STBZ* (multipel)

Bemerkung: Dieser Sachverhalt ist multipel aufgrund des Temperaturparameters (siehe unten). Liegen Brennzahlen für verschiedene Ausgangstemperaturen der Staubschicht vor, so kann der Sachverhalt der Staubgruppe entsprechend oft zugewiesen werden.

- Anfangstemperatur der Staubschichten (Parameter) *STBZ.T* (Pflicht)
  - T_UGENAU=|ca.

    Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Genauigkeit aus einer Liste ausgewählt werden. Es stehen insgesamt 6 Einträge zur Auswahl. Von diesen darf hier aber nur die Zeichenkette "ca." ausgewählt werden.
  - T_LITUWRT=20
  - T_LITUWRTEIN=°C
- Minimaler Wert der Brennzahl *STBZ.MIN* (Pflicht)
  - MIN_LITUWRT=2
- Maximaler Wert der Brennzahl *STBZ.MAX* (Pflicht)
  - MAX_LITUWRT=5
  - MAX_LITUWRTEIN=°C
- Belastbarkeit des maximalen Messwerts als Grenzwert *STBZ.MAXB* (Pflicht)
  - MAXB=|Angegebener Wert gilt als gut abgesicherter Grenzwert.

    Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Belastbarkeit (Ranking) aus einer Liste ausgewählt werden. Es stehen insgesamt 9 Einträge zur Auswahl.
- Methode *STBZ.M* (Pflicht)
  - M=|Auswertung vorhandener Datenkollektive durch Experten-Team.

  Bemerkung: Bei Verwendung des Erfassungsmoduls kann der Eintrag zur Methode aus einer Liste ausgewählt werden. Es steht nur ein Eintrag zur Auswahl.
- Bemerkungen *STMZT.TXT* (optional)
  - TXT=Sämtliche Prüferergebnisse, die für die Gruppe vorliegen und die ohne Kieselgur erzielt wurden, ergaben eine Brennzahl von 2. In bestimmten Fällen wurden die Prüfungen in Mischung mit Kieselgur und ohne Kieselgur durchgeführt. In Mischung mit Kieselgur ergaben die Prüfungen desselben Staubs immer eine Erhöhung der Brennzahl. Für einige Stäube wurde auf diese Weise die Brennzahl 5 ermittelt.
- weitere Angaben: **Ersteingang** (ERSTDAT) und ggf. **Neueingang** (NEUDAT), **Bearbeiter** (BEARB), **Qualität** (QUALITAT), **Quelle** (LIEFERANT) und **Zitat** (ZITAT).