

# GESTIS-STAUB-Ex: 6 000 Datensätze zu Explosionskenngrößen von Stäuben

Klaus-Werner Stahmer, Sankt Augustin

Brennbare Stäube finden sich in vielen Bereichen der industriellen Produktion und im Handwerk. Sie entstehen bei mechanischen und thermischen Bearbeitungsschritten, z. B. beim Fräsen, Schneiden und Schweißen oder durch die Bewegung von Gütern beim Umfüllen und Transport. Dabei kann es in Anlagen oder Anlagenbereichen zur Bildung von Staub/Luft-Gemischen kommen, die unter bestimmten Bedingungen explosionsfähig sind und dadurch Beschäftigte und andere Personen in der Nähe der Anlagen gefährden. Das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) bestimmt seit fast 40-Jahren für die Mitgliedsbetriebe der Unfallversicherungen die sicherheitstechnischen Kenngrößen von Staubproben auf der Grundlage von VDI-Richtlinien und DIN-EN-Normen.

Damit zeitaufwendige Laboruntersuchungen gleicher oder ähnlicher Stäube nicht überhand nehmen, wurde bereits in den 1980er-Jahren beschlossen, alle ermittelten Kenngrößen in einer Datenbank zu sammeln und zu veröffentlichen. In der Gründungsphase der GESTIS-STAUB-Ex-Datenbank sind mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Kommission die ermittelten sicherheitstechnischen Kenngrößen von zahlreichen Prüflaboratorien in Deutschland gesammelt und systematisch aufbereitet worden [1]. Mittlerweile sind mehr als 6 000 Stäube im Bestand und können in den Sprachen Deutsch, Englisch und Französisch weltweit online eingesehen werden [2].

## GESTIS-STAUB-Ex-Datenbank – Statistische Auswertung

In der GESTIS-STAUB-Ex-Datenbank sind derzeit (Stand Juni 2015) 6 003 betriebliche Stäube mit ihren sicherheitstechnischen Kenngrößen (STK) gelistet. Zum Untersuchungsspektrum gehören die Kenngrößen für abgelagerten Staub (z. B. Brennzahl, Glimmtemperatur) und für aufgewirbelten Staub (z. B. maximaler Explosionsdruck und Druckanstiegsgeschwindigkeit, Mindestzündtemperatur, Mindestzündenergie). Hinzu kommen zu jedem Staub die Korngrößenverteilungen, deren Medianwert und die Feuchte. Da die vollständige Bestimmung aller STK einer Staubprobe aufgrund des hierzu erforderlichen hohen Arbeitsaufwands in der Regel nicht

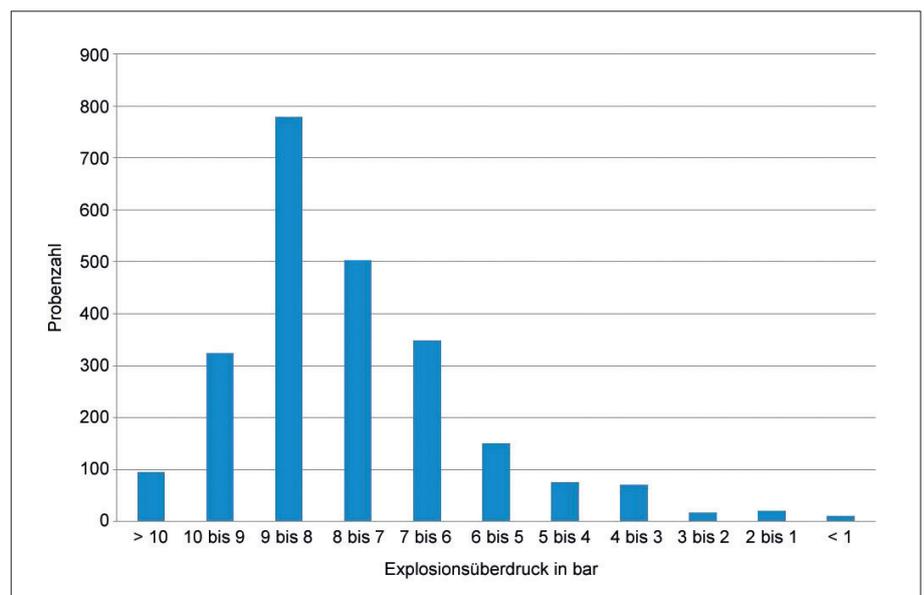


Bild 1 Verteilung der analysierten Proben ( $N = 2\,397$ ) auf Druckbereiche.

durchgeführt wird, ist die Summe  $N$  der im Folgenden untersuchten Teilkollektive deutlich kleiner als das Gesamtkollektiv, aber ausreichend groß, um statistische Aussagen treffen zu können. Zur besseren Unterscheidung der stofflichen Eigenschaften werden die Stäube in die Kategorien metallisch, anorganisch und organisch unterteilt. Als metallisch werden Metalle und deren Legierungen gewertet, nicht aber deren Salze und Sauerstoffverbindungen, es sei denn dass diese durch den Bearbeitungsprozess Bestandteil des Metallstaubs sind, z. B. Schweißrauche, Strahlstäube. Als organische Ver-

bindungen werden alle Stoffe bezeichnet, die auf einem Kohlenstoffgrundgerüst basieren, z. B. Naturstoffe, Lebensmittel und Kunststoffe. Schwefel, Phosphor und Kohlenstoff in Form von Kohle, Braunkohle oder Grafit fallen unter die anorganischen Verbindungen, auch wenn in dieser Verbindungsgruppe häufig ein organischer Anteil enthalten ist.

## Maximaler Explosionsüberdruck

Die Explosionsüberdrücke werden nach Dispersion des Staubs in geschlossenen druckfesten Laborapparaturen bestimmt [3; 4]. In der Datenbank finden

sich Angaben zu maximalen Explosionsüberdrücken von  $N = 2\,397$  Staubproben. In **Bild 1** ist die Verteilung der Proben nach Druckbereichen dargestellt, ausgenommen sind die Proben, die als nicht explosionsfähig bestimmt worden sind.

Im Druckbereich 9 bis 7 bar sind zusammen ca. 50 % der untersuchten Proben zu finden. Besonders kritische Stäube ( $N = 96$ ) mit einem maximalen Explosionsüberdruck  $P_{\max} > 10$  bar sind nach Stoffgruppen unterteilt in **Tabelle 1** aufgeführt. Metallstäube verbrauchen zwar im Verlauf der Explosionsreaktion den Luftsauerstoff und reduzieren dadurch das Volumen der Gasphase im Reaktionsvolumen. Dem entgegen wirkt aber die hohe Verbrennungswärme insbesondere von Aluminium und Magnesium mit entsprechender Temperaturerhöhung. Zusätzlich wird auch die Verdampfung von Metallen als partieller Druckanstieg diskutiert [5; 6]. Die Temperaturen im Reaktionsraum erreichen Werte von 2 000 bis 3 000 °C und liegen somit im Bereich der Siedetemperaturen von Aluminium und Magnesium [5]. Die organischen Stäube zeichnen sich neben ihrer Feinkörnigkeit auch durch ihre chemischen Eigenschaften aus: Häufig enthalten sie gebundenen Sauerstoff und Stickstoff, die im Verlauf der Explosionsreaktion gasförmig freigesetzt werden oder als Sauerstoffquelle dienen und damit den begrenzten atmosphärischen Sauerstoffanteil indirekt erhöhen.

Explosionsüberdrücke  $< 3$  bar (**Tabelle 2**) sind in der Regel bei reaktionsträgen Stoffen oder sehr groben Staubmaterialien zu erwarten. Hierin liegt auch häufig die Schwierigkeit bei der Beurteilung von Stäuben. So können Gummi, Holz, Polyethylen in einer feineren Körnung Explosionsüberdrücke bis 8 bar erreichen. Metallstäube können durch Alterung und Temperaturbehandlung an Reaktivität verlieren oder umgekehrt kurze Zeit nach einem Schleifprozess sehr reaktiv sein.

## Druckanstiegsgeschwindigkeit und Staubexplosionsklasse

Die Druckanstiegsgeschwindigkeit  $dp/dt$  einer Staubexplosion wird nach DIN EN 14034-2 [7] ermittelt. Zur Bestimmung des Maximums wird die Staubkonzentration systematisch variiert. Da die  $dp/dt$ -Werte abhängig vom Volumen des Prüfbehälters sind, werden die ermittelten Werte auf ein Normvolumen von 1 m<sup>3</sup> umgerechnet. Diese nor-

**Tabelle 1** Stoffgruppen mit Explosionsüberdruck  $> 10$  bar.

Metalle	Medianbereich der Korngröße in $\mu\text{m}$
Aluminiumpulver	20 bis 80
Magnesiumpulver	20 bis 50
Silicium	10
<b>Anorganische Stoffe</b>	
keine	
<b>Organische Stoffe</b>	
Anthrachinon	$< 10$
Azodicarbonamid	$< 10$
C,C-Azodi(carbonamid)	13
Cellulose	$< 125$
Cellulose, Methyl-	37
Hexamethylentetramin	27
Holzmehl	20 bis 60
Isosorbiddinitrat/Lactose (50 : 50)	54
Maisstärke	22
Melaminperoxid	$< 24$
Paraformaldehyd	27
Pektinase (Enzym)	34
p-Nitroanilin	$< 10$
Polyester	$< 10$
Polymethacrylat, Emulsionspolymerisat	18
Polymethacrylimid	$< 63$
Stärke, Mais-	$< 10$
Torf	$< 58$

**Tabelle 2** Stoffgruppen mit Explosionsüberdruck  $< 3$  bar.

Metalle	Medianbereich der Korngröße in $\mu\text{m}$
Calcium-Metall-Granulat	440
Feinzink-Gußlegierungen	$< 30$
Strahlstaub, Stahl (Strahlmittel: Stahl)	$< 10$
Zink	160
<b>Anorganische Stoffe</b>	
Bleiphosphit	$< 63$
Graphit	$< 30$
Siliciumcarbid	$< 10$
Steinkohle, Anthrazit	20 bis 30
<b>Organische Stoffe</b>	
Caprinoguanamin	750
Glycerinmonostearat	1 000
Gummi	600
Holz, Kiefer/Fichte	350 bis 500
Kaffee, Abfall	290
Lactose	130
Malvasaat (Flocken, China)	1 250
Molke/Fett, 50 % sulfierte tierische Fette	330
o-Phenylendiamin	$> 3\,000$
Polyester, Polyethylenterephthalat	300 bis 600
Polyethylen, Hochdruck-, aus Filter	350
Tiermehl	250

mierten Druckanstiegsgeschwindigkeiten werden als  $K_{st}$ -Wert bezeichnet. Die Einteilung der Stäube in Staubexplosionsklassen erfolgt auf der Grundlage der maximalen  $K_{st}$ -Werte (**Tabelle 3**). Die

Staubexplosionsklasse ist ein unmittelbares Maß für die Reaktivität des Staubs und wird insbesondere für die Konstruktion von druckfesten Behältern und Druckentlastungssystemen benötigt.

**Tabelle 3** Einteilung der Staubexplosionsklassen.

Staubexplosionsklasse	$K_{St}$ in $\text{bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
St 1	$0 < K_{St} \leq 200$
St 2	$200 < K_{St} \leq 300$
St 3	$300 < K_{St}$

nen Apparatur ermittelten Ergebnisse übernommen, aus dem Screening-Verfahren nur die Werte der Stoffe mit der Staubexplosionsklasse St 1. Letztere stimmen mit den Ergebnissen aus der geschlossenen Apparatur in der Regel gut überein. Für andere Staubexplosionsklassen und nicht explosionsfähige Stäu-

mittelten Werte in geschlossenen Apparaturen durchgeführt.

In Bild 2 ist die Verteilung aller Proben auf die Explosionsklassen abgebildet. 82 % der Proben ( $N = 4423$ ) sind St-1-Stäube, 4 % ( $N = 237$ ) gehören zur Klasse St 2, 1 % zur Klasse St 3 ( $N = 53$ ). Als „nicht staubexplosionsfähig“ wurden 13 % ( $N = 702$ ) der Stäube bestimmt. Viele offensichtlich nicht explosionsfähige (unbrennbare) Stäube, z. B. Gesteinsstäube, Sand, Kalk, Korund usw. werden häufig gar nicht zur Analyse eingereicht, sodass aus der Zahl nicht explosionsfähiger Stäube in der Datenbank nicht auf den Anteil dieser Stäube an Arbeitsplätzen geschlossen werden darf.

Ein Auszug von St-3-Stäuben, unterteilt nach Stoffgruppen und Medianwerten, findet sich in Tabelle 4.

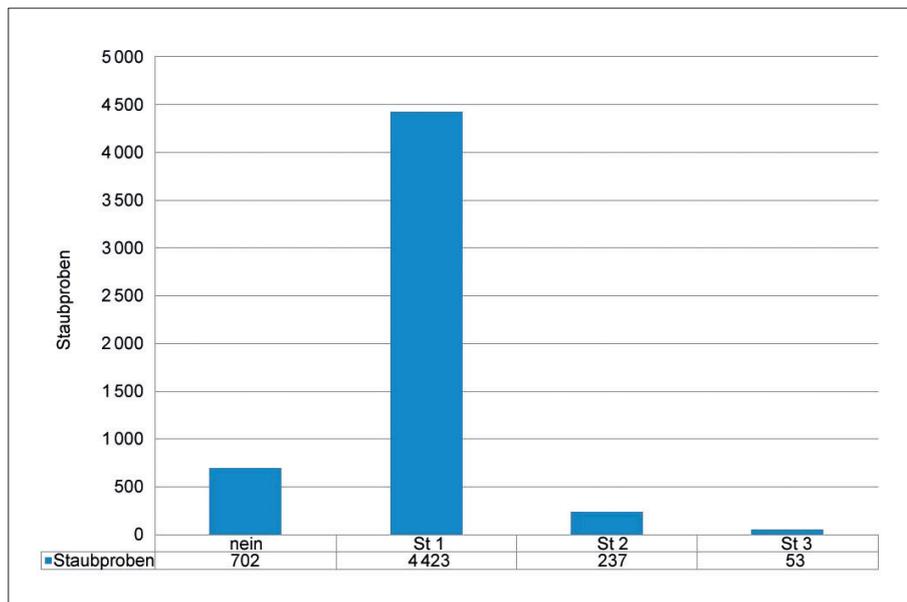
Die Grundvoraussetzung für das Vorliegen eines St-3-Staubes ist ein möglichst feines Korn mit einem Median der Korngröße  $< 63 \mu\text{m}$ , wobei größere Fraktionen von leicht schmelzenden Stoffen sich ähnlich verhalten können. Zusätzlich liegen die Verbrennungswärmen von Aluminium, Phosphor und Wachs oberhalb von 50 bis 40 kJ/g – dies führt zu den entsprechenden Druck- und Temperaturanstiegen. Bezüglich der chemischen Eigenschaften besitzen die Metallstäube von Aluminium einen niedrigen Oxidationsgrad mit hoher Reaktivität. Dies kann sich durch Alterung und thermische Vorbehandlung ändern. Druckanstiegsgeschwindigkeiten sind kinetische Kenngrößen, d. h. die Kenntnis der Reaktionsgleichung und des Prozesses ist für die Interpretation der  $K_{St}$ -Werte notwendig. Die Korngröße und Verbrennungswärme sind zwar gute Indikatoren, würden aber nicht vollständig zur Vorhersage des Prozesses ausreichen. Trotzdem sollte bei den in Tabelle 4 aufgeführten Stoffgruppen immer mit der Möglichkeit deutlich erhöhter  $dp/dt$ -Werte gerechnet werden.

Schwieriger ist das Erkennen einer Systematik bei den nicht explosionsfähigen Stäuben ( $N = 702$ ). In Tabelle 5 sind Stoffe zu Gruppen zusammengefasst, die in der Analyse als „nicht explosionsfähig“ ermittelt wurden. Stoffe aus der Gruppe „Spezialitäten-Chemie“ blieben hierbei unberücksichtigt. Weiterhin wurden verschiedene Medianwerte innerhalb einer Stoffgruppe zu einem Medianbereich zusammengefasst.

In der Gruppe der Metalle finden sich sehr feine Stäube, die entweder durch thermische Vorbehandlung einen hohen Oxidationsgrad aufweisen (Al, Mg, Zn)

Metalle	Medianbereich der Korngröße in $\mu\text{m}$
Aluminiumpulver diverse	$< 63$
Calcium-Aluminium-Legierung	28
Magnesiumpulver diverse	22
Metall-Legierung AlSnZrMo	$< 41$
<b>Anorganische Stoffe</b>	
Phosphor, roter	$< 15$
<b>Organische Stoffe</b>	
Anthrachinon	$< 10$
Antioxidantien (diverse chemische Verbindungen)	$< 33$
Härtemischung, Phenylimidazolin	22
Isosorbid-mononitrat/Lactose, Talkum (69 : 31)	26
Kolophonium	$< 10$
Wachs, mikronisiertes	36

**Tabelle 4** St-3-Stäube nach Stoffgruppen.



**Bild 2** Verteilung der untersuchten Proben auf die Staubexplosionsklassen ( $N = 5415$ ).

In der GESTIS-STAU-Ex-Datenbank sind 5 415 Stäube gelistet, deren Explosionsfähigkeit ermittelt worden ist. Davon sind 3 098 Werte in der geschlossenen 20-l-Kugel oder im 1-m<sup>3</sup>-Behälter und 2 317 Werte durch ein Screening-Verfahren (Hartmann-Rohr) [8] bestimmt worden. Für die Verteilung der Staubproben auf die Staubexplosionsklassen wurden alle mit der geschlosse-

ne kann dies nicht angenommen werden. Ein Staub wird als „nicht staubexplosionsfähig“ bezeichnet, wenn dieser keinen oder einen nur sehr geringen Explosionsüberdruck im Versuch gezeigt hat. Eine drucklose Verbrennung des Staubs ist nach diesem Testkriterium möglich, wird aber nicht als Explosion gewertet. Die Stoffgruppenanalyse in den Tabellen 4 und 5 wurde auf der Grundlage der er-

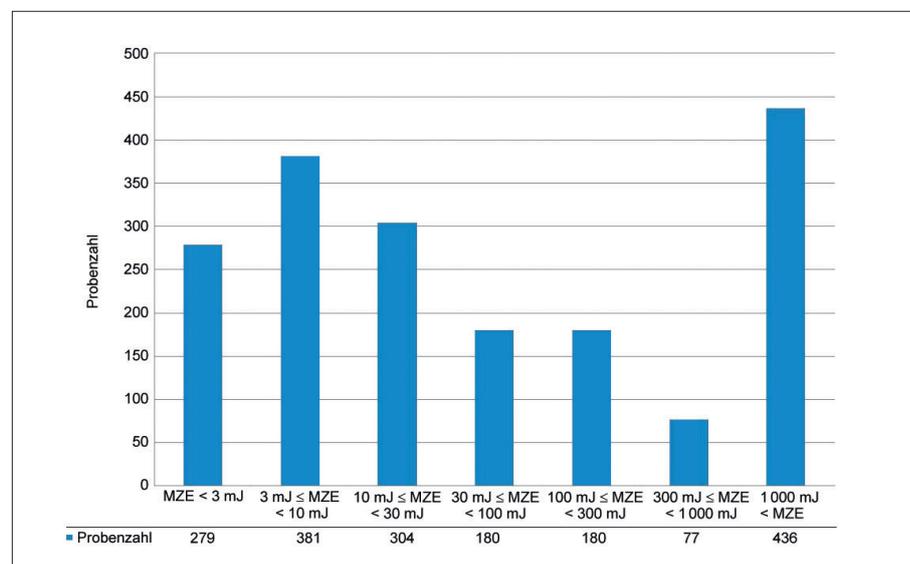
oder durch ihre chemischen Eigenschaften nur schwer oxidiert werden können (Mo, W, Ni, Si, Messing). Strahlstäube als metallische Mischstäube können durch Beimengungen aus dem Strahlmittel z. B. Glas oder Korund inertisiert sein. Leider kann wegen der diversen möglichen Mischungsverhältnisse hieraus keine allgemeingültige Aussage abgeleitet werden [9]. In der Gruppe der anorganischen Stoffe ist besonders der Kohlenstoff in verschiedenen Modifikationen und Gemischen auffällig. Die Tatsache, dass Kohlenstoff brennbar, aber in bestimmten Modifikationen nicht explosionsfähig ist, macht ihn besonders interessant. Je reiner und kristalliner Kohlenstoff ist, desto geringer ist seine Reaktionsfähigkeit. Erst durch Beimengungen von flüchtigen brennbaren Stoffen wird der Kohlenstoff aktiviert (z. B. Braunkohle). Selbst Aktivkohle mit ihrer nicht kristallinen aber sehr porösen Struktur kann in den Bereich „nicht explosionsfähig“ gelangen, allerdings ist dieses Verhalten nicht durchgängig zu beobachten. Die organischen Stäube sind fast ausschließlich als explosionsfähig anzusehen, außer solche, deren Partikelkorn sehr grob ist. Es bestätigt sich hier die Faustformel im Explosionsschutz, wonach Stäube mit einer Partikelgröße von mehr als 500 µm nicht explosionsfähig sind. Im Einzelfall wie z. B. beim Polyvinylchlorid kann diese Grenze auch deutlich unterschritten werden. Dies lässt sich aber ebenfalls aus den besonderen chemischen Eigenschaften des Kunststoffs begründen.

## Mindestzündenergie

Die Mindestzündenergie (kurz: MZE) ist die kleinste gespeicherte elektrische Energie, die zur Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre ausreicht. In der Regel wird die MZE als Wertebereich zwischen Zündung und Nichtzündung angegeben [10]. Für die statistische Auswertung wurden die Wertebereiche auf den sicheren Nichtzündungswert als Einzelwert zurückgeführt. Nach Bereinigung der Daten und Neustrukturierung der Wertebereiche ergab sich ein auswertbares Gesamtkollektiv von  $N = 1\,837$  Werten. In der Verteilung der Proben auf die verschiedenen Energiebereiche (Bild 3) zeigt sich u. a., dass 15 % der Proben ( $N = 279$ ) als extrem zündempfindlich eingestuft werden müssen. Für diese Stäube sind erhöhte Anforderungen an die Sicherheitsmaßnahmen zu stellen. Eine Zusammenfassung der

**Tabelle 5** Stoffgruppen mit Medianbereich „nicht explosionsfähig“.

Metalle	Medianbereich der Korngröße in µm
Aluminium aus diversen Schweiß- und Schneidverfahren	< 63
Eisen (Pulver)	169
Eisen/Eisenoxid, Brennschneiden, aus Filter	< 63
Ferrosilicium	35 bis 800
Magnesium/Aluminium/Schlacke	300
Messingpulver	< 125
Molybdän	< 63
Nickelpulver	71
Silicium	75 bis 440
Strahlstaub, Aluminium (Strahlmittel: Korund, Glas, Sand)	< 63
Strahlstaub, Entzunderungsstrahlen (Strahlmittel: Stahlguss)	< 63
Strahlstaub, Entzunderungsstrahlen von Stahl (Strahlmittel: Stahlkies), aus Abscheidern	20
Strahlstaub, Stahl (Strahlmittel: Korund, Glas, Sand, Stahlkies)	18 bis 250
Wolfram	< 63
Zink, flammgespritzt	76
<b>Anorganische Stoffe</b>	
Aktivkohle	22 bis 450
Asche, Flug-	< 20
Bentonit	< 15
Flammschutzmittel Bromhaltig diverse	< 63
Graphit	< 63
Kieselsäure	< 63
Müllverbrennung, Rauchgasfeinstaub	< 63
Petrolkoks	38 bis 700
Ruß	< 63
Steinkohle, Anthrazit	20 bis 240
<b>Organische Stoffe</b>	
Harnstoff	< 250
Methylcellulose	255
Polyethylen	200 bis 360
Polyvinylchlorid	70 bis 230
Zucker	300 bis 500



**Bild 3** Verteilung der Mindestzündenergie der Staubproben auf Energiebereiche.

**Tabelle 6** Stäube mit einer MZE < 3 mJ.

Metalle	Medianbereich der Korngröße in µm
Aluminiumpulver	< 40
Tantal	25
Titan	< 50
<b>Anorganische Stoffe</b>	
Schwefel	< 40
<b>Organische Stoffe</b>	
Benzoesäure	22
Harnstoff	< 20
Kolophonium (Naturharz)	< 30
Kunstharze diverse	< 140
Kunststoffe (ABS; Polyester, Polyisococyant)	< 30
Pulverlacke (Kunstharz)	< 20
Tonerpulver	< 20
Wachse/Stearate diverse	< 30
Diverse spezifische organische Verbindungen	< 63

**Tabelle 7** Stoffgruppen mit MZT ≤ 300 °C (BAM-Ofen) und ≤ 400 °C (GG-Ofen).

Metalle	Medianbereich der Korngröße in µm
Strahlstaub, Stahl (Strahlm.: Stahlkugeln), aus Filter	bis 53
<b>Anorganische Stoffe</b>	
Braunkohle (GG)	
Phosphor, roter (GG)	
Schwefel	
<b>Organische Stoffe</b>	
Cellulose, Methyl- (GG)	
Fettalkohol (C 12/18)	
Glyzerinmonostearat	
Gummi, Hart-, Schleifen, Fräsen	
Holzmehl, Birnbaum (GG)	
Isosorbid-mononitrat/Lactose	
Kokosfettsäuremonoethanolamid	
Laurylsulfat, Natrium-Salz (90 %)	
L-Cystin (GG)	
Melaminstearat (GG)	
Methionin (GG)	
Mono- und Diglyceride von Speisefettsäuren	
Octylsulfat, Natrium-Salz, 90 %	
Papier, abgelagerter Staub (GG)	
Polyethylen, Niederdruck- (GG)	
Polyethylen, Niederdruck- (GG)	
Polyvinylalkohol (GG)	
Stearinsäure	
Weißtorf, abgelagerter Staub (GG)	

extrem zündempfindlichen Stäube (< 3 mJ) in Stoffgruppen (Tabelle 6) zeigt, dass insbesondere organische Stoffe, und dort die Verbindungen auf der Basis von Wachsen oder Kunstharzen, sehr zündwillig sind. Häufig sind diese Verbindungen zudem elektrostatisch leicht

aufzuladbar, sodass bei gleichzeitigem Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre erhöhte Anforderungen an Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Zündquellen zu stellen sind. Die niedrige MZE dieser Stäube ist auf ihre stofflichen Eigenschaften wie niedrige Ak-

tivierungsenergie und ihre Schmelz- und Verdampfungseigenschaften zurückzuführen. Im Funkenkanal der Prüfapparatur entsteht kurzzeitig ein Plasma mit hoher Temperatur. Von hier aus breitet sich die Reaktion bei günstigen Parametern auf das gesamte Volumen aus. Zusätzlich verringert sich die MZE mit abnehmender Partikelgröße, allerdings ist dieser Zusammenhang nur bei chemisch identischen Proben eindeutig beobachtbar; über die verschiedenen Stoffgruppen ergibt sich keine eindeutige Korrelation.

### Mindestzündtemperatur

Die Mindestzündtemperatur (MZT) beschreibt die niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der sich das zündwilligste Staub/Luft-Gemisch entzündet [11]. Sie dient zur Analyse von wirksamen Zündquellen in Risikobetrachtungen. Im Rahmen der Sicherheit von Anlagen dürfen die Oberflächen im Bereich des dispergierten Staubs zwei Drittel der MZT nicht überschreiten. Nach IEC 80079-20-2 [12] kann die MZT nach zwei Verfahren bestimmt werden, die sich prinzipiell unterscheiden: Im BAM-Ofen wird der dispergierte Staub horizontal eingeblasen, im GG-Ofen vertikal. In der Datenbank sind N = 1 272 Werte für den BAM-Ofen und N = 1 117 Werte für den GG-Ofen gelistet. Die Verteilung auf die verschiedenen Temperaturintervalle zeigt Bild 4.

Im Laboralltag werden üblicherweise nicht beide Verfahren zeitgleich für denselben Staub angewendet, sodass hierüber eine Möglichkeit zur Korrelation besteht. Als gewichteter Mittelwert über die Anzahl der untersuchten Staubproben ergibt sich für den GG-Ofen ein Wert von 555 °C, für den BAM-Ofen von 451 °C. Dieser Unterschied von ca. 100 K sollte bei der Bewertung von betrieblichen Zündquellen auf der Grundlage der beiden Verfahren berücksichtigt werden. Weiterhin ist bekannt, dass die Größe und Form heißer Oberflächen die Zündtemperaturen ebenfalls beeinflussen. Bei der verfahrenstechnischen Trocknung und Erwärmung von staubförmigen Produkten sind genaue Angaben der MZT für die sichere Steuerung des Verfahrens von Bedeutung. Zur Risikoabschätzung von möglichen technischen Störungen und den dort auftretenden undefinierten Temperaturerhöhungen ist das ungleich schwieriger. In Tabelle 7 sind Stoffe und Stoffgruppen von Stäuben gelistet mit sehr niedri-

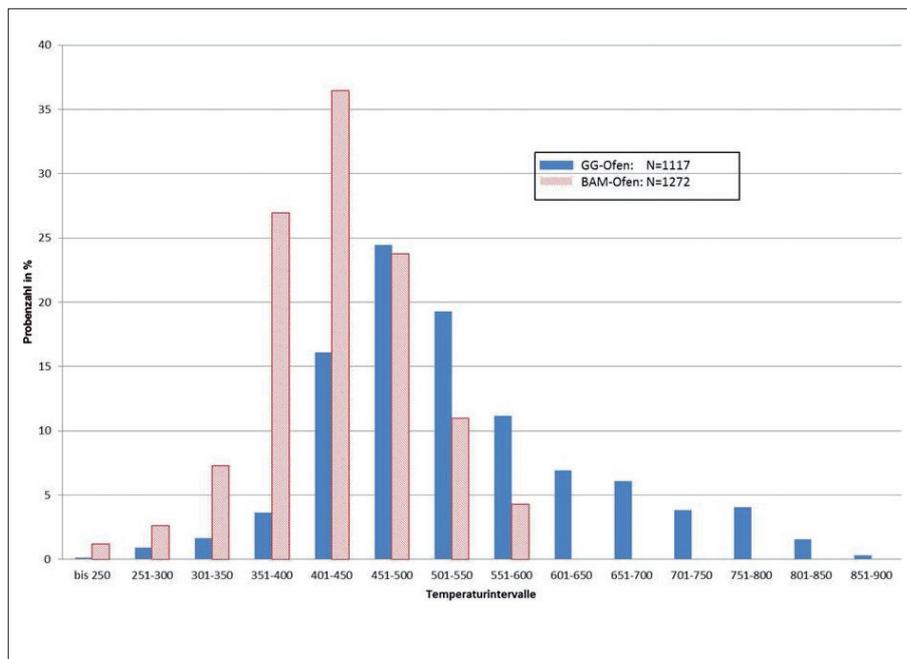
gen MZT-Werten ( $BAM-MZT \leq 300 \text{ °C}$  oder  $GG-MZT \leq 400 \text{ °C}$ ). Bei diesen Stoffgruppen sollte eine Zündquellenanalyse sehr sorgfältig durchgeführt werden. Ungewöhnlich ist in Tabelle 7 die niedrige MZT von Strahlstaub aus Stahl. Diese wird sehr wahrscheinlich durch oberflächlich anhaftende Reste von Ölen verursacht.

Klare Korrelationen der MZT mit anderen Sicherheitstechnischen Kenngrößen lassen sich nur für die Glimmtemperatur (GT) erkennen (Bild 5). Die GT beschreibt die niedrigste Entzündungstemperatur einer 5 mm dicken Staubschicht. Durch die längere Einwirkzeit der Wärmequelle während der Prüfung und die Verdichtung des Staubmaterials ist bis zu einer Plattentemperatur von ca. 400 °C die MZT des aufgewirbelten Staubs um ca. 100 °C oberhalb der Glimmtemperatur. Ab einer Plattentemperatur von 400 °C kehrt sich dies um, wahrscheinlich als Folge einer vorgeschalteten thermischen Umwandlung der Staubprobe.

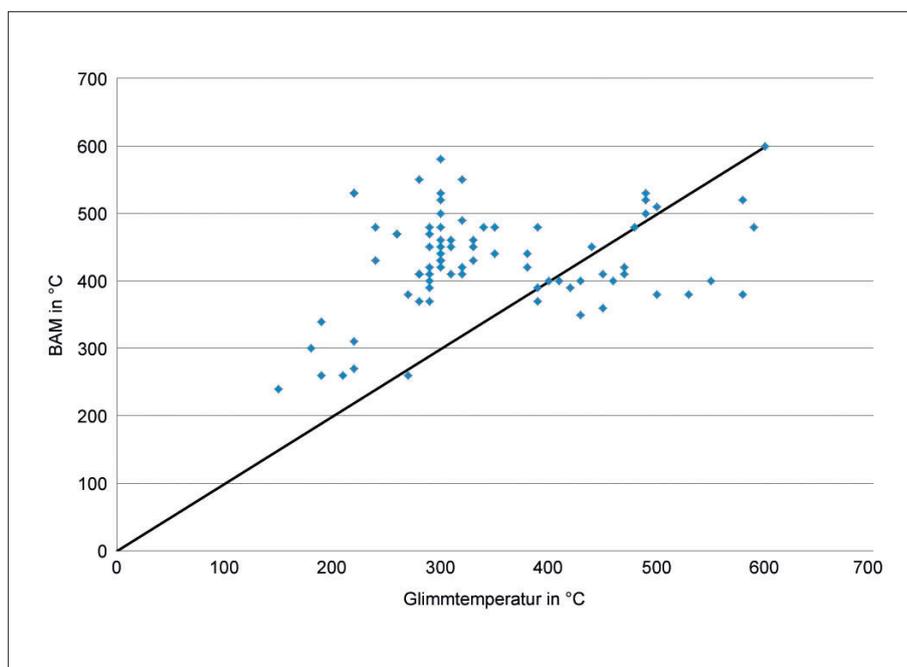
## Zusammenfassung und Ausblick

Die GESTIS-STAU-Ex-Datenbank wurde in den 1980er-Jahren gegründet und enthält heute mehr als 6 000 Datensätze zu Sicherheitstechnischen Kenngrößen von Stäuben im Explosionsschutz. Sie kann von Experten zur Abschätzung von Explosionsgefahren in den Betrieben verwendet werden. Aus dem großen Datenkollektiv konnten Stoffe und Stoffgruppen mit besonders kritischen Eigenschaften, z. B. hoher Explosionsüberdruck oder niedrige Mindestzündenergie, selektiv ermittelt werden. Für diese Stoffe müssen in der Regel besondere Schutzmaßnahmen im Explosionsschutz getroffen werden. Weitere Recherchen in der Datenbank zur Korrelation von verschiedenen STK untereinander sind interessant und zukünftig geplant, dies könnte die Plausibilität von Analyseergebnissen verbessern bzw. sogar einige Analysen verkürzen.

TS 488



**Bild 4** Verteilung der Proben auf die Temperaturintervalle (BAM-Ofen, GG-Ofen).



**Bild 5** Vergleich der MZT-BAM und Glimmtemperatur (GT); schwarze Linie:  $GT = MZT$  ( $N=108$ ).



### Autor

Dr. **Klaus-Werner Stahmer**, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Referat 3.5 – Explosionsschutz, Sankt Augustin.

## Literaturverzeichnis

- [1] Forschungsbericht Staubexplosionen, Brenn- und Explosions-Kenngrößen von Stäuben. Hrsg.: Hauptverband der gesetzlichen Berufsgenossenschaften. Bonn 1980.
- [2] GESTIS-STAU-Ex. [www.dguv.de/ifa/gestis-staub-ex](http://www.dguv.de/ifa/gestis-staub-ex).
- [3] DIN EN 14034-1: Bestimmung der Explosionskenngrößen von Staub/Luft-Gemischen – Teil 1: Bestimmung des maximalen Explosionsdruckes. Berlin: Beuth Verlag 2011.
- [4] VDI 2263 Blatt 1: Untersuchungsmethoden zur Ermittlung von sicherheitstechnischen Kenngrößen von Stäuben. Berlin: Beuth Verlag 1990.
- [5] *Cashdollar, K. L.; Zlochow, I. A.*: Explosion temperatures and pressures of metals and other elemental dust clouds. *J. Loss Prev. Process Ind.* 20 (2007) Nr. 4-6, S. 337-348.
- [6] *Cashdollar, K. L.*: Coal dust explosibility. *J. Loss Prev. Process Ind.* 9 (1996) Nr. 1, S. 65-76.
- [7] DIN EN 14034-2: Bestimmung der Explosionskenngrößen von Staub/Luft-Gemischen Teil 2: Bestimmung des maximalen zeitlichen Drucksanstiegs ( $dp/dt$ )<sub>max</sub> von Staub/Luft Gemischen, April 2011.
- [8] VDI 2263 Blatt 1: Staubbrände und Staubexplosionen, Untersuchungsmethoden zur Ermittlung von sicherheitstechnischen Kenngrößen von Stäuben. Berlin: Beuth Verlag 1990.
- [9] *Stahmer, K.-W.; Teske, H.-J.; Scheid, M.*: Brennbare Strahlstäube. *TÜ 51* (2010) Nr. 10, S. 12-18.
- [10] DIN EN 13821: Bestimmung der Mindestzündenergie von Staub/Luft-Gemischen. Berlin: Beuth Verlag 2003.
- [11] DIN EN 50281-2-1: Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub – Teil 2-1: Untersuchungsverfahren – Verfahren zur Bestimmung der Mindestzündtemperatur von Staub. Berlin: Beuth Verlag 1999.
- [12] IEC 80079-20-2: Explosive atmospheres – Material characteristics – Combustible dust test methods. Genf: International Organization for Standardization 2015.