

# Gefährlichkeitseigenschaften brennbarer Stäube in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft

Dozent Dr.-Ing. H. Wolf, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Verarbeitungs- und Verfahrenstechnik  
Dipl.-Chem. Renate Kießling, KDT, Institut für Bergbausicherheit Leipzig, Bereich Freiberg

## 1. Einleitung

Die Ausarbeitung technisch wirksamer und ökonomisch vertretbarer Schutzmaßnahmen gegen Staubbrände und Staubexplosionen bei Produktions-, Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft setzt neben der detaillierten Bewertung der jeweiligen technologischen Gegebenheiten und der wirkenden äußeren Einflußfaktoren besonders genaue und umfassende Kenntnisse über die Gefährlichkeitseigenschaften der an den Prozessen beteiligten Stoffsysteme voraus.

Bei Staubbränden und -explosionen handelt es sich in jedem Fall um exotherm ablaufende Oxidationsreaktionen, deren hauptsächlich schädigende Wirkungen auf Menschen und Sachwerte der beim Reaktionsprozeß freigesetzten Wärmeenergie zuzuschreiben sind.

Unter dem Begriff Gefährlichkeitseigenschaften sollen deshalb im weiteren solche Eigenschaften des Stoffsystems verstanden werden, die wesentliche Seiten dieses Reaktionsprozesses charakterisieren.

Dazu gehören:

- die für den Reaktionsvorgang selbst erforderlichen stofflichen Voraussetzungen
- die energetischen und stofflichen Bedingungen für das Einleiten des Reaktionsprozesses
- die als Reaktionsergebnis zu erwartenden energetischen Wirkungen.

Auf Aktivierung, Reaktionsablauf und Reaktionswirkung haben eine Reihe von chemischen und physikalischen Stoff- und Zustandsgrößen einen mehr oder weniger großen Einfluß.

Bei Stäuben gehören dazu u. a. die chemische Zusammensetzung, der Anteil an leichtflüchtigen Bestandteilen, der Aschegehalt, der Heizwert, die Gutteuchte, der Teilchengrößenbereich, die Stoffdichte, der Umgebungsdruck und die Umgebungstemperatur. Jedoch reicht die Kenntnis dieser Größen allein nicht aus, um die Brand- und Explosionsgefährlichkeit der Stoffsysteme ausreichend zu beschreiben und zu bewerten.

Eine wesentliche Ursache hierfür ist darin zu sehen, daß es bisher nicht gelungen ist, mathematische Modelle aufzustellen, mit denen die chemischen und physikalischen Vorgänge beim Brand- oder bei einer Explosion unter Verwendung dieser Größen zufriedenstellend erfaßt werden können. Nach wie vor ist man deshalb darauf angewiesen, Brände und Explosionen experimentell zu untersuchen. Der Entwicklungstrend geht seit Jahren zu Versuchsverfahren, mit denen man unter Laborbedingungen bei geringem Aufwand den praktischen Gegebenheiten möglichst nahekommende, reproduzierbare Versuchsergebnisse erhalten kann. Diese als sicherheitstechnische Kennzahlen bekannten Größen stehen in einem mehr oder weniger direkten Zusammenhang mit den o. g. Gefährlichkeitseigenschaften des untersuchten Stoffsystems.

Bei der Einschätzung der Staubbrand- und

Staubexplosionsgefährlichkeit auf der Basis der sicherheitstechnischen Kennzahlen müssen folgende Aspekte beachtet werden:

- Im Gegensatz zu Bränden und Explosionen bei Gasen und Dämpfen, die in einem moldispersen System ablaufen, handelt es sich bei Staubbränden und -explosionen um heterogene Reaktionen in einem grobdispersen Stoffsystem. Da derartige Reaktionen vornehmlich an bzw. in unmittelbarer Nähe der Phasengrenzfläche fest/gasförmig ablaufen, spielen hierbei - zumindest in der Anfangsphase - Wärme- und Stoffaustauschvorgänge eine entscheidendere Rolle als der eigentliche Chemismus. Das bedeutet, daß die Intensität des Vorgangs sehr wesentlich von der Größe der Phasengrenzfläche bzw. von der spezifischen Oberfläche der grobdispersen Phase geprägt ist. Demzufolge hat der granulometrische Zustand (Feinheit, Teilchengrößenspektrum) einen maßgeblichen Einfluß auf die Größe der sicherheitstechnischen Kennzahlen.

- Aufgrund der bereits aufgeführten vielfältigen Einflußfaktoren gelten die für die Kennzahlen ermittelten Zahlenwerte streng genommen nur für die bei den Versuchen vorliegenden apparativen, verfahrensspezifischen und stofflichen Bedingungen sowie die Umgebungsbedingungen.
- Wegen des großen Dichteunterschieds zwischen grobdisperser und kontinuierlicher Phase und der dadurch bedingten Entmischungs- und Sedimentationerscheinungen im Staub-Luft-Gemisch hat der Mischungsgrad einen großen Einfluß auf die Reproduzierbarkeit aller die Explosionsfähigkeit charakterisierenden Kennzahlen.

Vergleicht man die in unterschiedlichen Veröffentlichungen (z. B. [1 bis 4]) angegebenen Kennzahlen, ist folgendes festzustellen:

- Die Werte weichen bei der Reihe von gleichen oder vergleichbaren Stäuben mehr oder weniger stark voneinander ab.
- Für viele Stäube sind die Kennzahlenangaben unvollständig.
- Für zahlreiche Staubarten - auch in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft - liegen noch keine Kennzahlen vor.
- Nur wenige konkrete Angaben sind darüber zu finden, wie sich die Kennzahlen-

werte in Abhängigkeit von technologischen Parametern ändern.

Diese objektiven Bedingungen erschweren in der Praxis oft die richtige Beurteilung der Staubbrand- und Staubexplosionsgefährdung. Häufig wird auch von unrealen subjektiven Vorstellungen über die Anwendbarkeit der Kennzahlen ausgegangen. Diese beruhen hauptsächlich auf

- Unkenntnis über die Aussagekraft der Kennzahlen überhaupt und damit auf falscher Interpretation im konkreten Anwendungsfall
- übertriebenen Forderungen an die Genauigkeit einzelner Kennzahlenwerte
- Unkenntnis über die tendenziellen Einflüsse bestimmter stofflicher und technologischer Bedingungen sowie Umgebungsbedingungen auf die Kennzahlen.

## 2. Wichtige sicherheitstechnische Kennzahlen und ihre Bestimmung

Die wichtigsten sicherheitstechnischen Kennzahlen, die international und auch in der DDR zur Beurteilung der Brand- und Explosionsgefährlichkeit genutzt werden, sind in Tafel 1 zusammengestellt. Die gleichfalls angegebenen Größenbereiche geben die Größenordnung an, die nach Literaturangaben (z. B. [1 bis 4]) bzw. nach Untersuchungen des Instituts für Bergbausicherheit (IfB) Leipzig, Bereich Freiberg, für Stäube der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft zu erwarten sind.

In Tafel 2 ist dargestellt, zu welchen Teilfragen der Beurteilung der Brand- und Explosionsgefährlichkeit von Stäuben diese Kennzahlen Aussagen gestatten.

Die zur Bestimmung der Kennzahlen in den einzelnen Ländern angewendeten Untersuchungsverfahren weichen mehr oder weniger stark voneinander ab. Internationale Standards für eine vereinheitlichte Kennzahlenermittlung liegen bisher nicht vor. Als erste Schritte in diese Richtung sind diesbezügliche Bestrebungen im Rahmen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zu werten. Sie haben jedoch bisher lediglich zur Empfehlung einer Bestimmungsmethode für die Entzündungstemperatur auf heißer Fläche (in der Literatur auch als Glimmtemperatur bezeichnet) geführt. Der in der DDR auf diesem Gebiet erreichte Erkenntnisstand wird sehr wesentlich durch

Tafel 1  
Wichtige sicherheitstechnische Kennzahlen für Stäube und ihr möglicher Größenbereich bei Stäuben der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft

Bezeichnung der Kennzahl	Größenbereich
Entzündungstemperatur lagernder Stäube	
auf heißen Flächen $t_{EZA}$	200 ... 500 °C
in heißen Räumen $t_{EZR}$	150 ... 350 °C
Zündtemperatur $t_z$	350 ... 700 °C
Mindestzündenergie $E_{z,min}$	10 ... 300 mJ
untere Explosionsgrenze $C_{ex,u}$	15 ... 200 g · m <sup>-3</sup>
minimaler zündgefährlicher Sauerstoffgehalt $C_{O_2,min}$	7 ... 17 % (Volumenanteil)
maximaler Explosionsdruck $p_{max}$	< 1,1 MPa
maximale Druckanstiegsrate $\dot{p}_{max}$	< 25 MPa · s <sup>-1</sup>

Tafel 2. Zuordnung sicherheitstechnischer Kennzahlen zu Teilfragen der Gefährlichkeitseinschätzung

Bildung explosionsfähiger Gemische	Zündung von Gemischen	Ablagerungen	Explosionswirkungen
untere Explosionsgrenze minimale zündgefährliche Sauerstoffkonzentration	Zündtemperatur Mindestzündenergie	Entzündungstemperatur auf heißen Flächen bzw. in heißen Räumen	maximaler Explosionsdruck maximale Druckanstiegsrate

die im IfB durchgeführten Untersuchungen bestimmt. Bild 1 gibt einen Überblick über das System sicherheitstechnischer Kennzahlen, das im IfB seit einigen Jahren erfolgreich zur Bestimmung der Gefährlichkeitseigenschaften von Kohlen-, Koks- und anderen Stäuben genutzt wird. Dieses Kennzahlensystem ist – gegebenenfalls mit einigen Modifizierungen – auch für Stäube der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft geeignet. Es soll im folgenden näher erläutert werden.

Die Stäube werden zunächst den im Bild 1 angegebenen physikalischen und chemischen Untersuchungen unterzogen, die Aufschluß über einige die Gefährlichkeit des Stoffs prägende Eigenschaften, besonders die Brennbarkeit, geben.

Um für die Ermittlung der Brand- und Explosionskennzahlen definierte und annähernd konstante stoffliche Bedingungen zu erhalten, werden die Stäube auf eine Gutfeuchte von rd. 3 % getrocknet und – gegebenenfalls durch Vormahlen – granulometrisch so aufbereitet, daß das Teilchengrößenspektrum  $100\% < 0,2\text{ mm}$  und  $80\% < 0,063\text{ mm}$

eingehalten wird. Während diese Vorbehandlung bei den Brandkennzahlen erfahrungsgemäß von geringem Einfluß ist, spielt sie bei den Explosionskennzahlen eine sehr bedeutende Rolle. Zur Kennzahlenermittlung werden folgende Versuchseinrichtungen eingesetzt:

- Entzündungstemperatur auf heißer Fläche  $t_{EZA}$   
Heizplattenapparat, auf der die nach oben offene Staubschüttung mit den Schichtdicken 5, 10 und 15 mm unterschiedlichen Oberflächentemperaturen ausgesetzt wird (Die Untersuchungen mit der Schichtdicke von 5 mm entsprechen dem Verfahren zur Ermittlung der Glimmtemperatur nach der Empfehlung der IEC.)
- Entzündungstemperatur im heißen Raum  $t_{EZR}$   
beheizter Trockenschrank, in den Staubproben in verschiedenen Abmessungen und Formen eingebracht werden, und zwar in flächenhaften Schüttungen mit einer Schichtdicke von 20 mm und in Probekörpern mit zylindrischer Form in den

Abmessungen Durchmesser = Höhe = 25, 40, 60 und 100 mm

– Selbstentzündungstemperatur in thermisch belasteten Staubschüttungen  $t_{SEZ}$   
adiabatisches Kalorimeter, in dessen Rasotherm-Glasgefäß mit zylindrischem Innenraum (Durchmesser 50 mm, Höhe 270 mm) Proben mit einer Schüttung von 200 mm eingegeben, bei unterschiedlichen Temperaturen gelagert und dabei mit einem Luftstrom von 3,5 l/h durchströmt werden

Einschränkend ist anzumerken, daß sich diese Versuchseinrichtung nur für die Untersuchung solcher Selbstentzündungsvorgänge eignet, die als Folge von Oxydationsreaktionen mit Luftsauerstoff entstehen und nicht für solche, die durch mikrobiologische Reaktionen bedingt sind.

- Zündtemperatur des schwebenden Staubs  $t_z$   
Apparat nach Godbert-Greenwald, bei der eine definierte Staubmenge mit einem Luftstoß durch ein aufgeheiztes Rohr geblasen wird
- Mindestzündenergie  $E_{Zmin}$   
speziell dazu entwickelte Rohrapparat, durch die ein Staub-Luft-Gemisch an einer kapazitiven Funkenentladungsstrecke vorbeigeführt wird
- untere Explosionsgrenze  $c_{exl}$ , maximaler Explosionsdruck  $p_{max}$  und maximale Druckanstiegsrate  $\dot{p}_{max}$   
Behälterapparat mit einem Volumen von  $> 40\text{ l}$ , in der Staub-Luft-Gemische unterschiedlicher Konzentration zur Entzündung gebracht werden können.

Auf eine Beschreibung von Einzelheiten der Versuchsapparaturen, der Versuchsverfahren und der Versuchsbedingungen soll hier verzichtet werden. Es sei lediglich darauf hingewiesen, daß die Fehler bei der Kennzahlenermittlung aufgrund stofflicher, verfahrensbedingter und meßtechnischer Ungenauigkeiten bei den Brandkennzahlen rd. 5 K und bei den Explosionskennzahlen etwa 10 bis 15 % betragen.

Tafel 3 zeigt als Beispiel sicherheitstechnische Kennzahlen für 5 Stäube der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft, die nach dem vorgestellten System im IfB untersucht worden sind.

In das Kennzahlensystem sind zur Einschätzung der Entzündbarkeit des Staubs zusätzlich qualitative Zünduntersuchungen mit ausgewählten Zündquellen einbezogen. Im einzelnen gehören dazu (Bild 1):

- für Staub-Luft-Gemische die Zündbarkeit durch mechanische Funken und die Aufflammbarkeit beim Aufwirbeln glimmender Staubablagerungen
- für lagernde Stäube die Fremdzündung durch Schweißfunken sowie durch eine kurzzeitig wirkende Lötlampenflamme.

Die so gewonnenen Informationen vervollständigen die Bewertungsmöglichkeiten der Gefährlichkeit der Stoffsysteme in solchen praktischen Fällen, in denen mit dem Auftreten derartiger Zündquellen gerechnet werden muß.

### 3. Möglichkeiten der Bewertung von Stoffsystemen in technologischen Prozessen anhand der sicherheitstechnischen Kennzahlen

Die sicherheitstechnischen Kennzahlen gelten streng genommen exakt nur für die Bedingungen, unter denen sie ermittelt worden

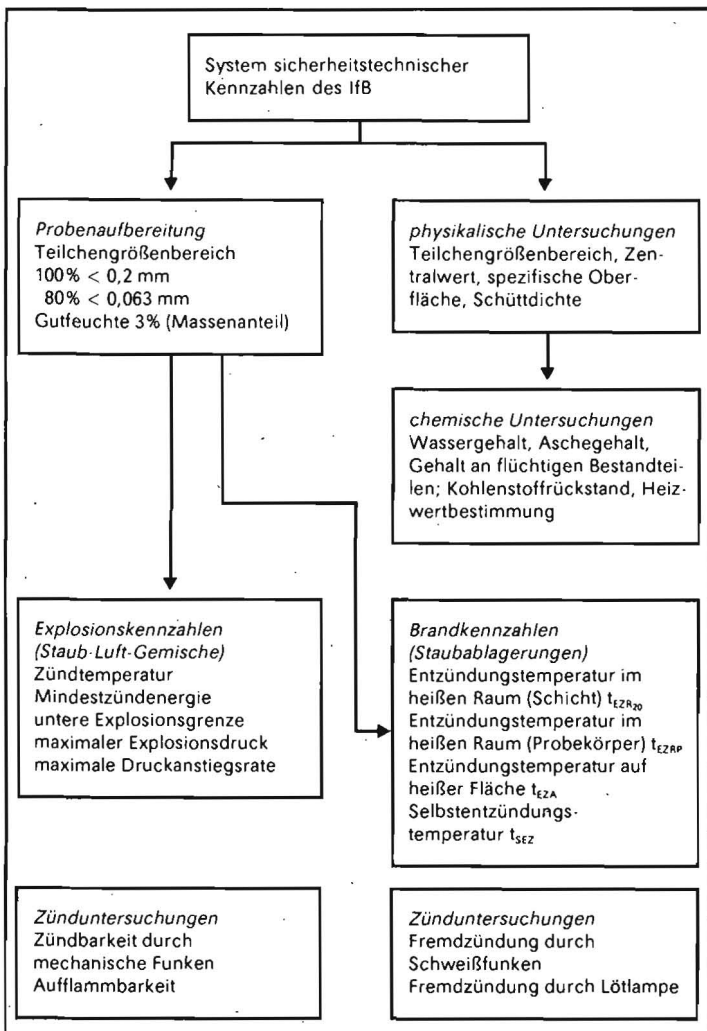


Bild 1 System sicherheitstechnischer Kennzahlen des IfB Leipzig, Bereich Freiberg

sind. Bei der Bewertung der Brand- und Explosionsgefährlichkeit an Stoffsystemen in technologischen Prozessen anhand der sicherheitstechnischen Kennzahlen muß man deshalb zweckmäßigerweise zwei Fälle unterscheiden:

– Gegebenheiten, in denen die Versuchsbedingungen annähernd erfüllt sind (Fall 1)  
Mit genügender Genauigkeit gilt das in vielen Arbeitsstätten, aber auch im Inneren einer Reihe von technischen Einrichtungen.

– Gegebenheiten, die von den Versuchsbedingungen z. T. erheblich abweichen (Fall 2)

Das trifft für eine Reihe technischer Einrichtungen und – in Ausnahmen – auch für bestimmte Arbeitsstättenbereiche zu.

#### Fall 1

Für die Beurteilung der Möglichkeiten des Entstehens und der Ausbreitung von Staubbränden und -explosionen im Fall 1 sind die angegebenen sicherheitstechnischen Kennzahlen im wesentlichen geeignet.

Sollen auf der Basis der Kennzahlenwerte technische und technologische Konsequenzen abgeleitet werden, dann ist stets zu berücksichtigen, daß die Kennzahlen nicht unter den brand- und explosions technisch günstigsten Bedingungen ermittelt zu sein brauchen. Es können also in der Praxis u. U. Bedingungen auftreten, unter denen auch bei Einhaltung der Kennzahlen noch Brände und Explosionen ausgelöst werden. Aus diesem Grund sind Sicherheitsreserven (wie z. B. in der gefährdenden Konzentration oder in der Begrenzung der Oberflächentemperatur nach [5]) bei allen Kennzahlen zu berücksichtigen. Das soll an den Brandkennzahlen Entzündungstemperatur auf heißen Flächen und Entzündungstemperatur in heißen Räumen verdeutlicht werden. Die Entzündungstemperatur auf heißer Fläche  $t_{EZA}$ , die zur Beurteilung der Zündbarkeit des Staubs auf thermisch beeinflussten Ablagerungsflächen herangezogen wird, hängt u. a. wesentlich von der Dicke der Ablagerungsschicht ab (Tafel 4). Ein Bezug auf die Entzündungstemperatur bei einer Schichtdicke von 5 mm würde bei in der Praxis durchaus vorkommenden dickeren Staubablagerungen zu hohe Werte für die zulässige Oberflächentemperatur ergeben.

Ähnlich ist der Einfluß der Schichtdicke auf die Entzündungstemperatur in heißen Räumen  $t_{EZR}$ . Er ist für Strohmehl im Bild 2 dargestellt. Es wird z. B. sichtbar, daß die im Standard TGL 30042 [5] angegebene zulässige Oberflächentemperatur von 140 °C bei Schichtdicken > 160 mm eindeutig unterschritten wird.

Günstiger liegen die Verhältnisse bei der Entzündungstemperatur  $t_{EZR}$ , wenn die Proben keine unendliche seitliche Erstreckung haben, sondern in Zylinderform (Durchmesser = Schichtdicke) vorliegen. Durch die besseren Wärmeaustauschverhältnisse an den Seitenflächen der Probe treten Entzündungen erst bei höheren Temperaturen auf. Eine entsprechende Kurve ist für Strohmehl ebenfalls im Bild 2 enthalten. Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß die in einigen Ländern übliche Untersuchung der Entzündungstemperatur im heißen Raum lediglich mit einer Schichtdicke von 20 mm zur sicheren Beurteilung der Zündvorgänge bei dickeren Staubablagerungen nicht ausreicht.

#### Fall 2

Der Fall 2 kann aus stofflicher bzw. technolo-

Tafel 3. Zusammenstellung sicherheitstechnischer Kennzahlen für fünf Stäube, die im IfB untersucht worden sind ( $H_u$  unterer Heizwert)

Staubart	Asche Massenanteil in %	$H_u$ kJ · kg <sup>-1</sup>	$t_{EZR_{20}}$ °C	$t_{EZR_{40}}$ °C	$t_{EZR_{60}}$ °C	$t_{EZR_{100}}$ °C	$t_{EZA}$ °C	$t_z$ °C	$C_{ex}$ g · m <sup>-3</sup>	$p_{max}$ MPa	$\dot{p}_{max}$ MPa · s <sup>-1</sup>
Sonnenblumenextraktionsschrot	5,5	17 531	200	190	175	155	370	455	120	0,60	7,14
Rapsextraktionsschrot	7,0	17 265	210	195	180	155	370	450	85	0,58	7,14
Strohmehl	8,3	n. b.	200	210	195	175	325	400	90	0,60 <sup>1)</sup>	4,31 <sup>1)</sup>
Zuckerrübenschnitzel I	39,8	n. b.	175	190	170	150	285 <sup>2)</sup>	487	173	0,62	6,54
Zuckerrübenschnitzel II	34,0	n. b.	185	195	180	165	280	445	150	0,69	5,17

1) aufgrund der Behältergröße und der geringen Schüttdichte verbrauchstechnischer Höchstwert

2) größter gerätebedingt meßbarer Wert

n. b. nicht bestimmt

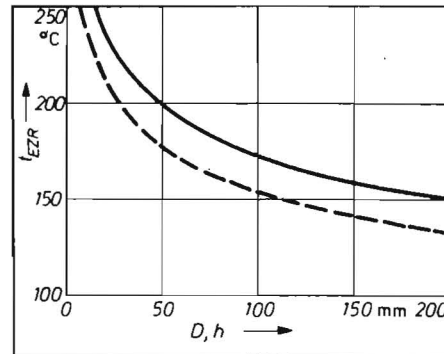


Bild 2. Abhängigkeit der Entzündungstemperatur im heißen Raum  $t_{EZR}$  vom Probekörperdurchmesser D bzw. von der Schichtdicke h bei Strohmehl  
— Zylinder (Durchmesser = Höhe)  
--- Schicht

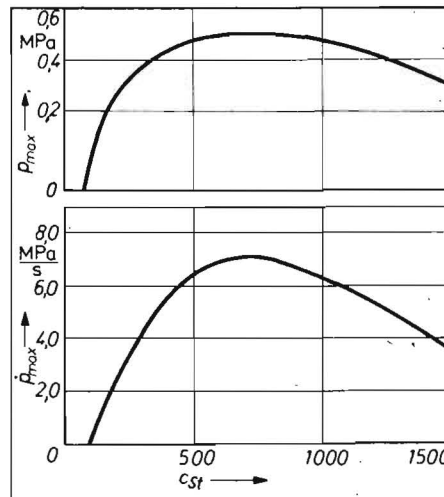


Bild 3. Abhängigkeit des maximalen Explosionsdrucks  $p_{max}$  und der maximalen Druckanstiegsrate  $\dot{p}_{max}$  von der Staubkonzentration  $c_{St}$  bei Rapsextraktionsschrot

Tafel 4. Abhängigkeit der Entzündungstemperatur auf heißer Fläche von der Schichtdicke

Schichtdicke mm	Entzündungstemperatur in °C bei		
	Strohmehl	Zuckerrübenschnitzel I	Zuckerrübenschnitzel II
5	325	285	280
10	270	264	265
15	260	240	250

gischer Sicht durch Abweichungen besonders folgender Parameter gekennzeichnet sein:

- Konzentration des Staubs im dispersen System
- Teilchengrößenbereich des Staubs
- Anteil feinsten Teilchen im Stoffsystem
- Sauerstoffgehalt der kontinuierlichen Phase
- Feuchte des Staubs
- Betriebsdruck
- Betriebstemperatur.

Über den Einfluß dieser Parameter auf die Größe der Kennzahlen liegen noch keine zusammenhängenden Ergebnisse vor. Aus verschiedenen Untersuchungen einzelner Stäube lassen sich für Explosionskennzahlen die in [6] dargestellten tendenziellen Abhängigkeiten erkennen.

Nachfolgend sollen diese Tendenzen näher erläutert werden.

Die Konzentration der grobdispersen Phase beeinflusst alle Explosionskennzahlen in der Weise, daß sich zwischen unterer und oberer Explosionsgrenze bei einer bestimmten, für die Kennzahlen meist unterschiedlichen Konzentration ein kritischer Extremwert ausbildet. Bild 3 zeigt z. B. die Abhängigkeit des maximalen Explosionsdrucks und der maximalen Druckanstiegsrate von der Staubkonzentration bei Rapsextraktionsschrot.

Die Maximalwerte liegen für beide Kennzahlen bei Konzentrationswerten zwischen 500 und 1000 g · m<sup>-3</sup>. Ähnliche Verläufe wurden auch bei anderen Stäuben festgestellt [7].

Die spezifische Oberfläche des Staubs und damit die mittlere Teilchengröße (Zentralwert) sowie das Teilchengrößenspektrum beeinflussen die Kennzahlen derart, daß mit zunehmender Feinheit eine Verschiebung zu kritischeren Werten hin erfolgt (Bild 4). Besonders kritische Werte werden erreicht, wenn ein großer Anteil im Größenbereich < 0,1 mm vorliegt. Demgegenüber ist im Größenbereich > 0,4 mm keine Explosionsfähigkeit mehr zu erwarten.

Hervorgehoben werden muß, daß bei dispersen Systemen mit einem großen Teilchenanteil > 0,4 mm die Explosionsfähigkeit durch den enthaltenen Feinstaubanteil bestimmt wird. Auch wenn dieser explosionsfähige Anteil nur 10 % beträgt, ist die Explosionsfähigkeit des Gesamtsystems dann gegeben, wenn der Feinstaubanteil für sich genommen oberhalb der unteren Explosionsgrenze liegt.

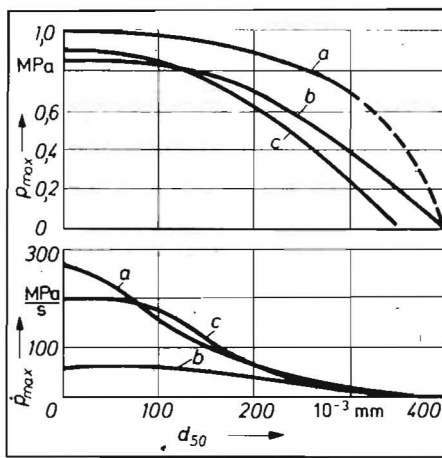


Bild 4. Abhängigkeit des maximalen Explosionsdrucks  $p_{max}$  und der maximalen Druckanstiegsrate  $\dot{p}_{max}$  vom Zentralwert  $d_{50}$  für ausgewählte Stäube (nach [7]); a Methylzellulose, b Mehl, c Polyäthylen

Der Sauerstoffanteil in der kontinuierlichen Phase beeinflusst alle Kennzahlen so, daß mit seiner Verringerung eine Verschiebung zu unkritischeren Werten einhergeht. Obwohl auch hierfür nur wenige Zahlenangaben in der Literatur vorliegen, kann angenommen werden, daß der in Tafel 1 angegebene Größenbereich für Stäube der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft kaum unterschritten wird. Bei der Mehrzahl der in Frage kommenden Staubarten werden die Werte sogar im Bereich zwischen 10 und 14 % liegen.

Je höher der Wassergehalt des Staubs ist, desto geringer ist die Explosionsfähigkeit ausgeprägt. Während dieser Einfluß bei Gutfeuchten  $\leq 10\%$  (Massenanteil) gering bleibt, nimmt er in Abhängigkeit von der Staubart bei Gutfeuchten  $> 10\%$  (Massenanteil) mehr oder weniger stark zu. Die bisher für Stäube der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft vorliegenden Informationen deuten darauf hin, daß bei Gutfeuchten  $> 40\%$  (Massenanteil) Explosionen nur noch bei solchen Stäuben denkbar sind, deren Faserstruktur für Wasser sehr aufnahmefähig ist.

Schließlich sei auf die Abhängigkeit der Kennzahlen vom Betriebsdruck im dispersen System hingewiesen. Bei der unteren Explosionsgrenze ist sie zu vernachlässigen. Bei den anderen Kennzahlen wirken höhere Drücke in kritischer und Unterdrücke in unkritischer Richtung.

Für den maximalen Explosionsdruck gilt dabei nach [7] folgender mathematischer Zusammenhang:

$$p_{Bmax} = p_{0max} (p_B/p_0);$$

$p_{Bmax}$  maximal erreichbarer Betriebsdruck  
 $p_{0max}$  maximal erreichbarer Normaldruck  
 $p_B$  Betriebsdruck  
 $p_0$  Normaldruck.

Mit einem ähnlichen Zusammenhang ist zwischen den maximalen Druckanstiegen zu rechnen.

Mit den angegebenen Tendenzen und den angegebenen Größenbereichen für die sicherheitstechnischen Kennzahlen können nur verhältnismäßig grobe Aussagen zur Gefährlichkeit im konkreten Betriebsfall getroffen werden.

Deshalb sind bei fehlenden konkreten Zahlenangaben ausreichende Sicherheitsspannen dringend zu empfehlen. Weitere wissenschaftliche Untersuchungen sollten dazu beitragen, die Aussagekraft der sicherheitstechnischen Kennzahlen in Abhängigkeit von den technologischen Einflußfaktoren zu verbessern. Damit erschließen sich Möglichkeiten, ein hohes Niveau an Brand- und Explosionssicherheit bei ökonomisch vertretbarem Aufwand zu gewährleisten.

#### Literatur

- [1] Erläuterungen zur TGL 30042 – Verhütung von Bränden und Explosionen. VEB Komplett Chemianlagen, Zentralstelle für Schutzgüter, Dresden 1978.
- [2] Jacobson, M.; Nagy, J.; Cooper, A. R.; Ball, F. I.: Explosibility of agricultural dusts (Explosionsfähigkeit von Landwirtschaftsstäuben). US-Bureau of mines, Report 5753, Washington 1961.
- [3] Vasil'ev, J. J.; Semenev, L. T.; Komkov, B. D.: Ochrana truda na predpriyatijach po chraneniju i pererabotke zerna (Arbeitsschutz in Betrieben der Getreidewirtschaft). VNIIZI, Moskau 1980.
- [4] Kühnen, G.; Scholl, E.: Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben. Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Bonn 1980.
- [5] TGL 30042 GAB; Verhütung von Bränden und Explosionen. Ausg. Juni 1977.
- [6] Wolf, H.: Staubexplosionen in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft und prinzipielle Möglichkeiten ihrer Vermeidung. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 6, S. 241–244.
- [7] Bartknecht, W.: Explosionen – Ablauf und Schutzmaßnahmen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1980.

A 4320

## Staubexplosionsschutz in technischen Einrichtungen der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft

Dipl.-Ing. J. Kunath, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

### 1. Einleitung

Ein grundlegendes gesellschaftliches Anliegen ist die Erhöhung der Arbeitsproduktivität in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft auf der Basis einer maximalen Ausnutzung landwirtschaftlicher Rohstoffe. Hieraus leiten sich in hohem Maß auch Schlußfolgerungen und Konsequenzen für den Brand- und Explosionsschutz ab.

In den Verarbeitungsprozessen der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft als Haupt- und Nebenprodukte anfallende brennbare und damit explosionsfähige Stäube pflanzlicher oder tierischer Herkunft erfordern eine hohe Betriebssicherheit der technischen Einrichtungen.

Nachfolgend sollen deshalb einige Empfehlungen zu möglichen Schutzmaßnahmen vor Staubexplosionen in technischen Einrichtungen der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft gegeben werden.

Aus Tafel 1 wird deutlich, daß in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft produktions-

mäßig vorhandene Stäube den größten Teil an Staubexplosionen verursachen, auch im Vergleich zu den zündwilligeren Kohle- und Chemiestäuben. Eine wesentliche Ursache dafür ist, daß technische Einrichtungen der Kohle- und Chemieindustrie i. allg. sicherheitstechnisch besser ausgerüstet sind als die der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft, was auch auf die im größeren Rahmen betriebene Forschungs- und Entwicklungsarbeit in diesen Wirtschaftszweigen zurückzuführen ist.

Tafel 2 gibt einen Überblick über den Anteil spezieller technischer Einrichtungen der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft an Staubexplosionen.

Grundsätzlich müssen alle technischen Einrichtungen optimal geschützt werden; und zwar nach umfassender Beurteilung auf ihre Staubexplosionsgefährdung mit unbedingt wirkenden Maßnahmen sowie mit dem geringsten Aufwand.

Einen Gesamtüberblick über die Maßnah-

men des Explosionsschutzes, die sich in 3 Hauptrichtungen einordnen lassen, gibt Bild 1.

### 2. Maßnahmen des primären Explosionsschutzes

Als wirksamste Maßnahmen müssen zweifellos die des primären Explosionsschutzes zur Explosionsverhütung, also die Vermeidung zündfähiger Gemische, angesehen werden. Hierbei kommt es darauf an, die Technologie der Prozesse so zu gestalten, daß eine Explosionsgefährdung von vornherein ausgeschaltet wird. Allerdings können vor allem die Maßnahmen „ungefährliche Einsatzstoffe“ und „Begrenzung der Prozeßparameter“ prozeßbedingt oftmals nicht oder nur begrenzt verwirklicht werden.

Es ist notwendig, Maßnahmen der Staubbeseitigung zu treffen, um die Ansammlung gefährdender Mengen brennbarer Stäube zu verhindern, auch wenn dadurch die