

A dramatic photograph of a lightning storm. Large, billowing white clouds are illuminated from within by a bright orange and red light, suggesting a fire or explosion. The sky is dark, and the foreground shows a dark green field.

licht.de

# licht.forum 52

Explosionsgefahr: Risikofaktor Staub

Freier Download auf  
[www.licht.de](http://www.licht.de)



1



2



3

[1] Viele Stäube sind brennbar und explosionsfähig.

[2] Bei einer Staubexplosion drohen Kettenreaktionen und damit die komplette Zerstörung einer Betriebsanlage.

[3] Sogar im Labormaßstab lassen sich die Ausmaße einer Staubexplosion bei der Mehlerarbeitung erahnen.

[Titelbild] Hier explodiert – zu Demonstrationszwecken – Aluminiumstaub. Jeder, der einmal derartige Tests gesehen hat, weiß: Die Warnung vor Staubexplosion ist keine Panikmache.

# Staub: brennbar und explosionsfähig

Was haben Steinkohle, Holz, Mehl, Kakao, Stärke, Cellulosefasern und Aluminium gemeinsam? Sie sind staubförmig oder können Stäube entwickeln. Was aber die wenigsten wissen: Diese Stäube sind brennbar und explosionsfähig.

Gasexplosionen sind das bekanntere Phänomen. Doch die Sachversicherer gehen davon aus, dass sich in Deutschland durchschnittlich eine Staubexplosion am Tag ereignet.

Fast alle festen Stoffe sind zur Staubbildung fähig. 80 Prozent aller in der Industrie vorkommenden Stäube sind brennbar, eine nur ein Millimeter dicke Staubschicht in einem geschlossenen Raum reicht aus, um nach Aufwirbelung und Zündung eine Explosion auszulösen.

Wie verheerend Staubexplosionen sein können, deutet sich schon im Testmaßstab an: „Wenn ein Staub-Luft-Gemisch explodiert, bebdt die Erde.“ Diese Erfahrung teilen alle, die an Vorfürhungen zur Entzündung von Staub teilgenommen haben. Sie wissen: Die Warnung vor Staubexplosion ist keine Panikmache.

## Kettenreaktion möglich

Das Fatale einer Staubexplosion ist die mögliche Kettenreaktion. Dies verdeutlicht ein beispielhafter Ablauf: Ausgangspunkt ist eine Staubschicht, die sich auch auf Maschinen abgelagert hat und die nicht entfernt wurde. Es laufen einer oder mehrere mit Staub bedeckte Elektromotoren heiß, die überhitzten

Motoren entzünden die Staubschicht an mehreren Stellen, Glutnester beginnen ohne sichtbare Flamme zu glimmen. Eine Tür wird geöffnet. Die Luftströmung verwirbelt Staub und Sauerstoff. In der Nähe der Glutnester verpufft dieses Staub-Luft-Gemisch, weiterer Staub wird aufgewirbelt, eine explosionsfähige Atmosphäre entsteht. Es kommt zur Entzündung.

Die erste Explosion wirbelt noch mehr Staub auf, weitere Explosionen sind die Folge. Die komplette Zerstörung einer Betriebsanlage droht.

Zum Glück ereignen sich Explosionsunfälle mit zahlreichen Toten, vielen Verletzten und hohem Sachschaden relativ selten. Die größte Mehlstaubexplosion im deutschsprachigen Raum in der Bremer Rolandmühle datiert vom 6. Februar 1979. Auslöser war ein kleiner Brand. So kann jede kleine oder mittelschwere Staubexplosion der Beginn einer Kettenreaktion sein.

## Explosionsgeschützte Betriebsmittel

Wissenschaftler beschreiben eine Explosion als exotherme chemische Reaktion, in deren Folge Temperatur und Druck – meist beide gleichzeitig – schlagartig ansteigen. Die Temperaturen erreichen Werte über 2.000 Grad

Celsius, die Drücke liegen meist über zehn Bar. Auslöser der Explosion des Staub-Luft-Gemisches ist eine Zündquelle: Zündfunken, glühende Teile, Flammen oder heiße Oberflächen. Hier setzen die Schutzvorschriften an, indem sie für Bereiche, in denen das Vorhandensein explosionsfähiger Atmosphäre nicht zu verhindern ist, explosionsgeschützte Betriebsmittel – also auch Leuchten – vorschreiben.

Das Bewusstsein für Schutzmaßnahmen bei Staubanfall ist heute noch zu wenig ausgeprägt. Die europaweit geltenden ATEX-Richtlinien (ATEX = Atmosphères Explosibles) – siehe dazu Seite 10 – haben mit der Aufnahme des Staubes die Gefahrenbewertung zumindest im Vorschriftenwerk der Gasexplosion gleichgestellt. Dass trotzdem Gefahren übersehen werden, hat noch einen anderen Grund: In einigen Unternehmen ist den Verantwortlichen gar nicht bewusst, dass sie mit Staub arbeiten.



4



5

## Verantwortlich ist der Betreiber

„Wer muss in seinem Betrieb die Explosionsrisiken untersuchen, klassifizieren und das Ergebnis in einem Explosionsschutzdokument erfassen? Die Antwort ist einfach: Jeder, in dessen verfahrenstechnischen Anlagen Staub anfällt.“

Die Risikoanalyse oder gar die Umrüstung der betroffenen Anlagen auf explosionsgeschützte Betriebsmittel zu verzögern, bis diese Maßnahmen nach einem Überprüfungsstermin behördlich angeordnet werden, wäre fahrlässig. Die Verantwortung ist klar geregelt: Sie liegt beim Betreiber.“

Sicherheitsfachwirt (FH) Frank D. Stolt MSc, Sachverständiger für Brand- und Explosionsursachenermittlung, Bad Saulgau

## Gefährdete Betriebe

Gefahr besteht in Produktions-, Abfüll- und Verpackungsanlagen, bei Fördereinrichtungen sowie in Silos, Bunkern und anderen Lagerstätten. Besonders gefährdet sind Mühlenbetriebe sowie Anlagen und Lager

- > landwirtschaftlicher Betriebe (z.B. Getreidelager),
- > vieler Bereiche in der Lebensmittelherstellung,
- > der Holz verarbeitenden Industrie,
- > der Kunststoff verarbeitenden Industrie,
- > der Metall verarbeitenden Industrie,
- > der chemischen Industrie, insbesondere der pharmazeutischen Industrie und der Farbenindustrie,
- > der Papierindustrie,
- > der Abfallwirtschaft.

## Arbeiten mit Gefahrenpotenzial

Staubbrände und -explosionen können sich unter anderem ereignen

- > beim Umschlagen und Silieren von Getreide,
- > beim Mahlen, Mischen und mechanischen Fördern von organischen Produkten (z. B. Futtermittel, Getreide, Backpulver, Fischmehl, Zucker, Pharmazeutika, Farbstoffe usw.),
- > beim Sprühtrocknen von organischen Produkten (z. B. Milch),
- > beim Absaugen und Fördern von Holzstaub in Filter- und Abscheideanlagen,
- > beim Schleifen von Leichtmetallen und deren Legierungen,
- > beim Herstellen und Verarbeiten von Metallpulvern,
- > beim Mahlen und Trocknen von Kohle und beim Befüllen von Kohlestaubsilos,
- > beim Trocknen, Granulieren oder Coaten in Wirbelschichtapparaten.

[4] Für jede verfahrenstechnische Anlage mit Staubanfall muss das Explosionsrisiko analysiert werden.

[5] Frank D. Stolt



# Gefahr erkennen: Risikoanalyse

6

## Welcher Staub ist wie gefährlich?

Der Qualifizierung nach seiner speziellen Gefährlichkeit – es gibt auch nicht brennbare, also ungefährliche Stäube – geht die generelle Definition voraus: Staub ist eine Ansammlung kleiner Feststoffpartikel verschiedener Struktur, Form und Dichte. Die Korngröße beträgt im Durchmesser höchstens 0,5 Millimeter; unterschieden werden Nutz- und Abfallstaub.

## Staub-Luft-Gemisch

Staub befindet sich zunächst in der Atmosphäre, die Partikel setzen sich aufgrund ihres Eigengewichts nach einiger Zeit aber ab. Infolge von Aufwirbelungen gelangen sie wieder in die Atmosphäre und halten sich dort für längere Zeit in einem Staub-Luft-Gemisch.

Staub kann gleichermaßen anfallen beim Herstellen feinteiliger Materialien wie durch Abrieb von groben Feststoffen. Als Staub gelten auch kurze Fasern, die durch Schneiden synthetischer Endlosfäden, durch Mahlen natürlicher oder synthetischer Faserstoffe (Holzmehl) oder als Nebenprodukt beim Umgang mit Faserstoffen (Torfmüll, Textilstaub) entstehen. Wichtig: Der Transport und die Verarbeitung von grobem Staub können wegen des gegenseitigen

Abriebs der großen Partikel zu feinem – zündfähigen – Staub führen.

## Kennzahlen für Staub

Die spezielle Gefährlichkeit von Stäuben wird außer an ihrer Korngröße an verschiedenen anderen Kennzahlen festgemacht: untere und obere Explosionsgrenze des Staub-Luft-Gemisches, maximaler Explosionsdruck, Klassifizierungswert (Kst-Wert), Feuchtigkeitsgehalt. Mit diesen Werten, die für allgemeine Berechnungen einzelner Materialien im Durchschnitt ermittelt wurden, können Mindestzündenergie, Glimm- und Zündtemperatur bestimmt werden.

Die Vielzahl der Stäube und ihre Kenngrößen ergeben ein umfangreiches Zahlenwerk, das an dieser Stelle nicht abgebildet werden kann. Aufstellungen der Berufsgenossenschaften und im Zweifelsfall deren oder andere Sachverständige helfen bei der Risikobewertung weiter. Wichtig: Dabei führt nicht immer der Oberbegriff zum Ziel, für den Mehlstaub von Weizenmehl gelten zum Beispiel andere Werte als für den von Roggenmehl.

Für Leuchten und andere Betriebsmittel im Zusammenhang mit der Beleuchtung spielt die Art des Staubes eine untergeordnete Rolle. Für Ex-Leuchten zählt vor allem die Korngröße.

## Mindestzündenergie

ist die unter Versuchsbedingungen ermittelte kleinste Energie, die ausreicht, um die zündwilligste Atmosphäre zu entzünden.

## Glimmtemperatur

ist die Temperatur einer heißen Oberfläche, auf der eine Staubschicht von 5 mm Dicke zu glimmen beginnt.

## Zündtemperatur

ist die niedrigste Temperatur, bei der sich eine Staubwolke bei kurzzeitigem Kontakt mit einer erhitzten Wand entzünden kann.

[6] Die Beschaffenheit des Staubes wird analysiert, um festzustellen, ab welchen Temperaturen und Energiemengen Gefahr droht.



### Risiko analysieren

- > Gefährdungspotenzial ermitteln (Korngröße, Staubmenge, Glimm- und Zündtemperatur des Staubes usw.).
- > Mögliche Zündquellen feststellen. Erforderliche Schutzmaßnahmen (primär und sekundär) festlegen.
- > Geeignete Betriebsmittel für den sekundären Explosionsschutz vorsehen.

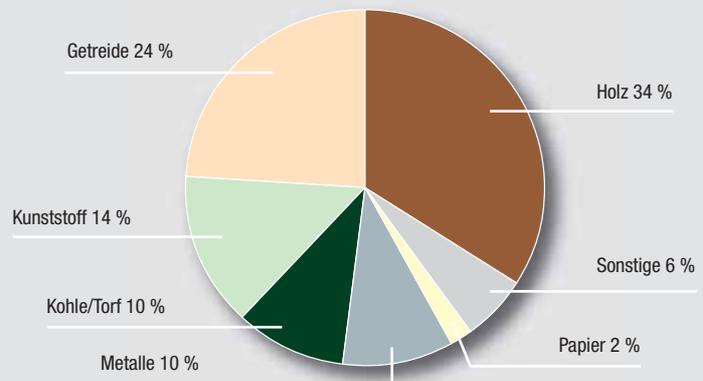
### Risiko minimieren

- > Vorhandenen Staub und seine Eigenschaften beurteilen.
- > Maximal zulässige Oberflächentemperatur der Betriebsmittel feststellen – abhängig von der Art des Staubes, des Vorhandenseins von Staubwolken und der Glimmtemperatur des Staubes bei Ablagerungen.
- > Zonenplan festlegen, Gerätekategorien zuordnen.
- > Geeignete Betriebsmittel einsetzen.

### Risiko dokumentieren

- > Plan mit Einteilung und Ausdehnung der staubexplosionsgefährdeten Bereiche

### Anteil der Staubarten an Staubexplosionen\*



\*Diese Zahlen stammen aus Nordamerika (2004), sind laut Sachversicherer aber übertragbar auf Deutschland und Europa.

10

- (Zoneneinteilungen, Dicke der Staubschicht sofern > 5 mm) anfertigen.
- > Typen staubexplosionsschutzter Betriebsmittel und ihre Kennzeichnung mit ausreichenden Angaben zur Wartung aufzeichnen.
- > Art, Wegeführung und Einzelheiten der Leitungssysteme notieren.
- > Explosionsschutzdokument erstellen, aus dem hervorgehen muss
  - Sicherheitsniveau der Arbeitsstätte,
  - Sicherheitsgestaltung der Arbeitsstätte,

- installierte Betriebsmittel und Warneinrichtungen,
- Sicherstellung sachgerechter Benutzung der Betriebsmittel.

[7] Staub bei der Holz- oder Metallverarbeitung birgt Gefahren.  
 [8] Auch Staub bildende Lebensmittel können gefährlich werden.  
 [9] Staub in der Papier verarbeitenden Industrie ist ein Risiko.



11

## Zonen kennzeichnen das Gefahrenpotenzial

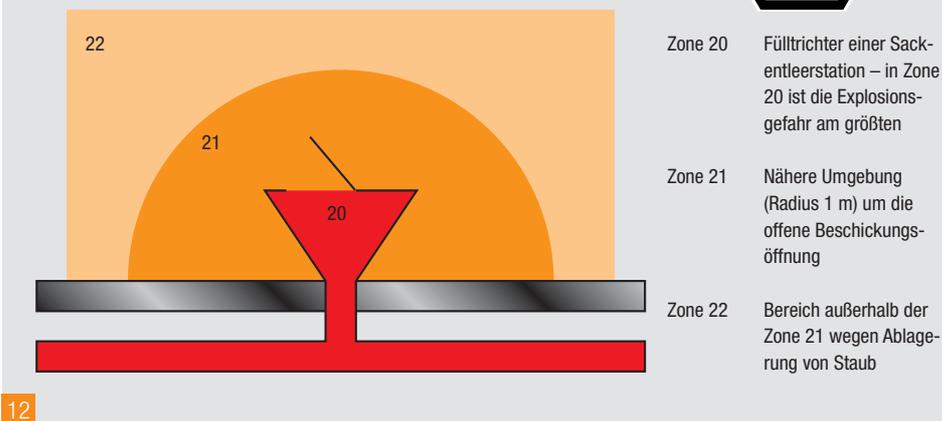
Explosionsgefährdete Bereiche werden entsprechend ihrem Gefahrenpotenzial in Zonen eingeteilt (siehe Tabelle „Zoneneinteilung“ auf der folgenden Seite). Für Stäube gelten die Zonen 20, 21 und 22.

Jeder Zone sind Leuchten und andere Betriebsmittel entsprechender Zündschutzart zugeordnet, hierfür unterteilt in die Gerätekategorien 1D bis 3D („D“ steht für Dust). Explosionsgeschützte (Ex) Leuchten der Kategorien 1D und 2D müssen die Schutzart IP 6X haben, für 3D-Leuchten genügt – außer bei leitfähigen Stäuben – IP 5X.

## Zündschutzarten von Ex-Leuchten

Die Zündschutzart von Ex-Leuchten (siehe Tabelle „Zündschutzarten“ auf der folgenden Seite) wird bestimmt von deren Konstruktion und entsprechenden fertigungstechnischen Maßnahmen. Für den Staubschutz sind vier Zündschutzarten maßgeblich, das „D“ steht jeweils für Dust: tD (tightness and temperature control), pD (pressurization), iD (intrinsic safety) und mD (moulder compound).

## Beispiel für die Einteilung in Zonen



12

Ex-Leuchten sind für eine Umgebungstemperatur von  $-20$  Grad bis  $+40$  Grad Celsius ausgelegt. Die Zündschutzart wird auf dem Typenschild der Leuchte angegeben, das alle wichtigen Informationen für den Einsatz und ihre Eignung zusammenfasst (beispielhaftes Typenschild siehe Seite 10).

Der Explosionsschutz bei brennbaren Stäuben unterliegt internationalen Normen. So sind beim Bau explosionsgeschützter Betriebsmittel die Anforderungen aus den

Normen IEC/EN 61241 ff einzuhalten. Diese Normenreihe berücksichtigt auch das Errichten und die Instandhaltung von Anlagen in staubexplosionsgefährdeten Bereichen.

[11] In explosionsgefährdeten Bereichen dürfen nur Leuchten und Betriebsmittel ausreichender Zündschutzart eingesetzt werden.

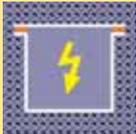
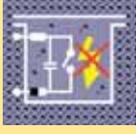
## Zoneneinteilung

Zone	Explosionsfähige Atmosphäre vorhanden	Keine wirksame Zündquelle bei	Geräteklasse nach 94/9/EG (Sicherheit)
20	ständig, langfristig oder häufig	Normalbetrieb und seltenen Gerätestörungen sowie beim Auftreten zweier unabhängiger Fehler	Kategorie 1D (sehr hoch)
21	gelegentlich	Normalbetrieb und häufig auftretenden Gerätestörungen	Kategorie 2D (hoch)
22	selten und kurzzeitig	Normalbetrieb	Kategorie 3D (normal)



13

## Zündschutzarten

Kurzzeichen	Prinzip-Symbol	Zündschutz
Ex tD		IP-Gehäuse und Temperaturbegrenzung
Ex pD		Überdruckkapselung
Ex iD		Eigensicherheit
Ex mD		Vergusskapselung

## Hohe Schutzart alleine reicht nicht aus

Normale Leuchten mit den Schutzarten IP 5X „staubgeschützt“ und IP 6X „staubdicht“ eignen sich nicht für staubexplosionsgefährdete Bereiche. Diese hohen Schutzarten alleine reichen nicht aus, weil Ex-Leuchten entsprechend den Praxisanforderungen anders geprüft werden: Sie werden zuerst künstlich gealtert, dann wird die mechanische Festigkeit getestet und erst danach nehmen die Prüfengeure die IP-Bewertung vor. Die IP 5X-Prüfung muss außerdem bei Unterdruck erfolgen.

Nur ein derart beurteilter „Schutz durch Gehäuse“ macht eine Leuchte zu einem explosionsgeschützten Betriebsmittel nach den Vorschriften der ATEX-Richtlinien. Übrigens: Das „X“ im zweistelligen IP-Code steht für den ungeprüften Wasserschutz.

## Impressum

Herausgeber: licht.de – Fördergemeinschaft Gutes Licht, Stresemannallee 19, 60596 Frankfurt am Main, www.licht.de, E-Mail: licht.de@zvei.org.

Redaktion und Realisation: rfw. agentur für kommunikation, Darmstadt.

Layout u. Grafik: Kugelstadt MedienDesign, Darmstadt.

Fotos: DEKRA EXAM GmbH, Bochum (Titel, 13, 16); Digital Vision/Image Source (1); Freiwillige Feuerwehr Traunreut (2); FU Berlin, Institut für Chemie und Biochemie (3); Tom Reindel, Düsseldorf (4); Thomas Klawunn, Göttingen (8); Andreas Kelm, Darmstadt (18); Werkfotos von licht.de-Mitgliedsunternehmen.

Druck: Druckhaus Haberbeck, 32791 Lage/Lippe 11/07-150.



14

# Qualitätssicherung für Ex-Leuchten

Der Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen stellt hohe Anforderungen an Ex-Leuchten, die Produktqualität entscheidet über die tatsächliche Schutzfunktion. Deshalb schreibt die ATEX-Richtlinie 94/9/EG den Herstellern Maßnahmen zur Qualitätssicherung vor.

## > Konformitätsbewertungsverfahren

Für Zone 20-Handleuchten und Zone 21-Leuchten muss ein Qualitätssicherungssystem mit Dokumentation und regelmäßiger Überwachung durch eine unabhängige Prüfstelle eingesetzt werden (vorgeschriebene Prüfung).

Für Zone 22-Leuchten genügt zur Qualitätssicherung die interne Fertigungskontrolle. Dazu gehört die Erstellung einer technischen Dokumentation, die die Übereinstimmung der Leuchten mit der Richtlinie bestätigt. Aber auch für Zone 22-Leuchten ist eine Baumusterprüfung empfehlenswert (freiwillige Prüfung), die von einer akkreditierten Prüfstelle mit der „Baumusterprüfbescheinigung“ bzw. mit der „Konformitätsaussage“ bescheinigt wird.

## > Betriebsanleitung

Ex-Leuchten dürfen nicht ohne Betriebsanleitung ausgeliefert werden. Sie muss außer der technischen Dokumentation für Montage, Installation, Inbetriebnahme und Instandhaltung alle sicherheitsrelevanten Angaben enthalten.

## > Konformitätserklärung

Mit der vorgeschriebenen Anbringung des CE-Kennzeichens auf Ex-Leuchten muss der Hersteller eine „EG-Konformitätserklärung“ ausstellen und jeder Leuchte beifügen. Darin wird die richtlinienkonforme Konstruktion der Leuchten und die Einhaltung aller qualitätssichernden Maßnahmen bestätigt.

## Extern geprüft

Die Vorschriften für Ex-Leuchten sind sehr komplex. Fehlinterpretationen werden von vorneherein vermieden, wenn akkreditierte Prüfstellen Eignung und Sicherheit bestätigen – nicht nur für Zone 21-Leuchten (vorgeschriebene Prüfung), sondern auch für Zone 22-Leuchten (freiwillige Prüfung).

[15] Akkreditierte Prüfstellen bescheinigen die EG-Baumusterprüfung mit der „EG-Baumusterprüfbescheinigung“.



15



Für die Sicherheit seiner Anlage ist allein der Betreiber verantwortlich. Dazu gehört nach der ordnungsgemäßen Errichtung und einer Prüfung vor Inbetriebnahme die regelmäßige Prüfung und Wartung, um den ordnungsgemäßen Zustand der Anlage aufrechtzuerhalten.

Grundlage hierfür ist VDE 0165, Teil 10 (EN 60079-17). Ergänzende Hinweise zu Instandhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten geben die Explosionsschutz-Regeln (Ex-RL) der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie.

# Die ATEX-Richtlinien



16

Gesetzliche Grundlage für den Explosionsschutz sind die ATEX-Richtlinien (ATEX = Atmosphères Explosibles) der Europäischen Union: Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95) und Richtlinie 1999/92/EG (ATEX 137).

Da Explosionsschutz Gesundheitsschutz ist, hat die EU schon früh eine Harmonisierung angestrebt: Die erste Richtlinie 76/117/EWG zu diesem Regelungsbereich trat vor 30 Jahren in Kraft – damals jedoch noch ohne Bestimmungen zum Staubexplosionsschutz. Die neue Richtlinie 94/9/EG bezieht erstmals sogar nicht-elektrische Produkte in die Gesetzgebung ein. Mit Anforderungen an die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzten Produkte wendet sie sich an die Hersteller von Betriebsmitteln.

Seit 1. Juli 2003 ist die Anwendung dieser ATEX-Richtlinie Pflicht. Zuvor installierte Leuchten und andere Betriebsmittel dürfen weiter betrieben werden. In deutsches Recht umgesetzt wurde sie mit der 11. Verordnung – kurz ExVO – zum Geräte- und Produktsi-

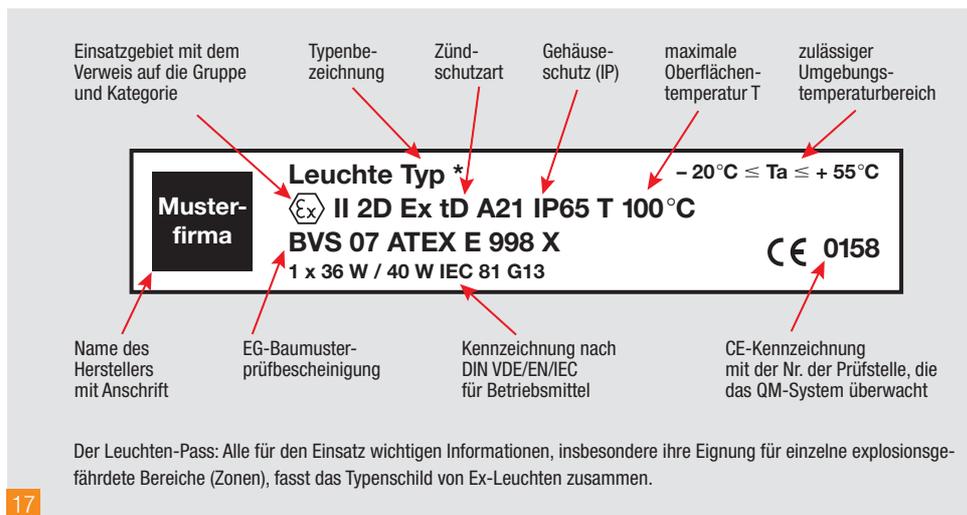
[16] Unter Versuchsbedingungen wird die Mindestzündenergie ermittelt, also die kleinste Energie, die ausreicht, um die zündwilligste Atmosphäre zu entzünden.

## Kabel, Schalter und mehr

Ex-Leuchten sind bei der Beleuchtung nur ein Bestandteil des Explosionsschutzes.

Auch von den Installations- und Schaltgeräten wie Kabel und Leitungen, Abzweigboxen, Verteilerkästen und Schalter darf kein Risiko ausgehen. Sie müssen mindestens entsprechend installiert werden.

Die ATEX-Anforderungen gelten darüber hinaus für alle anderen elektrischen Betriebsmittel im Raum bzw. in den Zonen. Außerdem bestehen Anforderungen an den mechanischen Staubexplosionsschutz, die zum Beispiel der Explosionsgefahr durch elektrostatische Aufladung begegnen.



17

cherheitsgesetz. Damit wurden alle bis dahin in der „Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen“ (ElexV) erfassten Anforderungen an die Beschaffenheit von Geräten durch einen Verweis auf die ExVO ersetzt.

An die Betreiber gefährdeter Anlagen wendet sich die Richtlinie 1999/92/EG. Sie legt Anforderungen an Arbeitsstätten fest. Seit ihrer Umsetzung in deutsches Recht durch die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) ersetzen deren Vorgaben zum Arbeitsschutz die noch in der ElexV erfassten

Anforderungen für Montage, Installation und Betrieb. Die Übergangszeiten dieser am 28. Januar 2000 in Kraft getretenen Richtlinie sind mit einer Ausnahme inzwischen abgelaufen, so dass in Deutschland nur noch die Vorgaben aus der BetrSichV maßgebend sind. Einzig für überwachungsbedürftige Anlagen sind Übergangsregeln bis zum 31. Dezember 2007 vorgesehen.

# Lichtstark und wirtschaftlich



[18] 1 und 2 Dreiban-  
den-Leuchtstofflampen  
Ø 26 mm;  
3, 4 und 5 Kompakt-  
leuchtstofflampen;  
6 ringförmige und  
7 kolbenförmige  
Induktionslampe;  
8, 9 und 10 Halogen-  
Metalldampf-  
lampen;  
11 und 12 Natrium-  
dampf-Hochdruck-  
lampen;  
13 Allgebrauchs-  
glühlampe;  
14 Halogen-Glühlampe

18

## Stabförmige Leuchtstofflampen

In Produktionsstätten des Handwerks und der Industrie dominiert die stabförmige Leuchtstofflampe mit ihrer hohen Lichtausbeute und langen Nutzlebensdauer. Das gilt auch für die Ex-Beleuchtung. Eingesetzt werden Leuchtstofflampen Ø 38 mm (nicht im Bild) sowie Dreiban- den-Leuchtstofflampen Ø 26 mm, diese nahezu ausschließlich an elektronischen Vorschaltgeräten (EVGs).

In Bereichen mit erhöhtem Staubanfall muss für Ex-Leuchten sichergestellt sein, dass die begrenzten Oberflächentemperaturen jederzeit eingehalten werden. Bei stabförmigen Leuchtstofflampen besteht jedoch am Ende der Lampenlebensdauer die Möglichkeit eines Fehlerfalls im Elektrodenbereich, der als „end-of-life“-Effekt bezeichnet wird und zu übermäßiger Wärmeentwicklung führen kann. Davor schützen EVGs mit „end-of-life“-Abschaltung, die inzwischen verfügbar sind. Für nicht mit diesen neuen EVGs betriebene Beleuchtungsanlagen kann nur der regelmäßige Lampenwechsel dem Fehlerfall vorbeugen:

> bei Leuchten im Dauerbetrieb nach spätestens 24.000 Betriebsstunden,

> bei Leuchten mit maximal drei Schaltzyklen pro Tag nach 12.000 Betriebsstunden.

## Kompaktleuchtstofflampen

Kompaktleuchtstofflampen arbeiten nach demselben Lichterzeugungsprinzip wie stabförmige Dreiban- denlampen. Sie sind einseitig gesockelt, haben eine hohe Lichtausbeute, sehr gute Farbwiedergabeeigenschaften und sind in allen drei Lichtfarben – Warmweiß, Neutralweiß, Tageslichtweiß – erhältlich. Die „Kompakten“ eignen sich für Leuchten der Zündschutzart „Druckfeste Kapselung“.

## Elektrodenlose Lampen

Gute Energieeffizienz bei einer Lebensdauer von 60.000 Betriebsstunden (< 12 Prozent Systemausfälle) sind die wichtigsten Kennzeichen der kolbenförmigen (für „Druckfeste Kapselung“) und der ringförmigen (für „Erhöhte Sicherheit“) Induktionslampe. Beide arbeiten nach dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion und der Gasentladung. Die Lichtqualität gleicht der von Dreiban- den-Leuchtstofflampen.

## Hochdruck-Entladungslampen

Halogen-Metalldampf- lampen vereinen kompakte Bauform, sehr hohe Lichtausbeute und gute Farbwiedergabeeigenschaften mit langer Lebensdauer zu lichtstromstarken und wirtschaftlichen Lichtquellen. Eine gleichwertige Alternative sind farbverbesserte Natriumdampf-Hochdrucklampen. Hochdruck-Entladungslampen werden überwiegend in Scheinwerfern und Hallenreflektor-Leuchten der Zündschutzart „Druckfeste Kapselung“ eingesetzt.

## Glühlampen

Einige Leuchten werden nach wie vor mit Glühlampen bestückt. Hier ist die einseitig gesockelte Halogen-Glühlampe mit ihrer längeren Lebensdauer und höherer Lichtausbeute die wirtschaftlichere Alternative.

## Die Mitgliedsunternehmen von licht.de

**LEUCHTENHERSTELLER:** GEBR. ALBERT · ANSORG · ARTEMIDE · A + G SCHRÉDER · BANKAMP · BAULMANN · BEGA · BÖHMER · BPS · BRUCK · BRUMBERG · B + M LEUCHTEN · CASABLANCA · CEAG NOTLICHT · COOPER CROUSE-HINDS · DERUNGS · DIGITALICHT · DOLIN · DURLUM · ELEKTRA · ERCO · ETAP · EUTRAC · FAGERHULT · ALOYS FISCHER · FLOS · GEWISS · GLAMOX · GLASHÜTTE LIMBURG · GROSSMANN · HELESTRA · HELLUX · HERNER GLAS · HESS FORM + LICHT · HIRT · HOFFMEISTER · HOLOPHANE · HOLTKÖTTER · IGUZZINI · INDAL · KAUFEL · KOTZOLT · KPM · LED2WORK · LEUCI · LICATEC · LICHTWERK · LITE-LICHT · LMT · LUXO · MAY & CHRISTE · MOONLIGHT · M. MÜLLER · NIERMANN · NOBILÉ · NORKA · OLIGO · PHILIPS · POPP · PRACHT · PRÄZISA · RADEMACHER · RECHLATERNEN · REIHER · REISS LIGHTING · RIDI · ROBERS · RSL RODUST · RUHSTRAT · RZB-LEUCHTEN · SCHMITZ · SCHUCH · SEMPERLUX · SILL · SIMON & SCHELLE · SIS-LICHT · SITECO · SONLUX · SPITTLER · R. STAHL · STENG LICHT · STG-BEIKIRCH · STRASSACKER · SYSTEMTECHNIK · TECNOLIGHT · TRILUX · VULKAN · WALDMANN · WE-EF · WILA · DR. WILLING · Z-I-LICHTSYSTEME · ZUMTOBEL LICHT

**BETRIEBSGERÄTEHERSTELLER:** BAG · ECKERLE · ERC · HADLER · HELVAR · HÜCO · INSTA · LT ELEKTRONIK · OSRAM · PHILIPS LIGHTING · TRIDONICATCO · VLM · VOSSLOH SCHWABE · VS OPTOELECTRONIC

**LAMPENHERSTELLER:** AURA LIGHT · BLV · GE LIGHTING · G.L.E. · LEUCI · NARVA LICHTQUELLEN · OSRAM · PAULMANN · PHILIPS LIGHTING · RADIUM · SLI LICHTSYSTEME



Die licht.de-Schriftenreihe. Als Heft per Post oder als kostenfreie PDF-Datei (Download) unter [www.licht.de](http://www.licht.de).

- 01\* Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (2004)
- 02\* Gutes Licht für Schulen und Bildungsstätten (2003)
- 03\* Straßen, Wege und Plätze (2007)
- 04\* Gutes Licht für Büros und Verwaltungsgebäude (2003)
- 05 Gutes Licht für Handwerk und Industrie (1999)
- 06\* Gutes Licht für Verkauf und Präsentation (2002)
- 07\* Gutes Licht im Gesundheitswesen (2004)
- 08\* Gutes Licht für Sport und Freizeit (2001)
- 09 Repräsentative Lichtgestaltung (1997)
- 10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (2000)
- 11\* Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (2005)
- 12\* Beleuchtungsqualität mit Elektronik (2003)
- 13\* Arbeitsplätze im Freien (2007)
- 14 Ideen für Gutes Licht zum Wohnen (2000)
- 16\* Stadtmarketing mit Licht (2002)
- 17\* LED – Licht aus der Leuchtdiode (2005)
- 18\* Gutes Licht für Museen, Galerien, Ausstellungen (2006)

\* Auch in englischer Übersetzung (PDF-Datei) erhältlich.

# licht.de

Fördergemeinschaft Gutes Licht  
Stresemannallee 19  
60596 Frankfurt am Main  
Tel. 069 6302-353  
Fax 069 6302-400  
[licht.de@zvei.org](mailto:licht.de@zvei.org)  
[www.licht.de](http://www.licht.de)