

## ■ Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen

Praktikable Erstellung von  
Explosionsschutzdokumenten auf der Basis  
der Gefährdungsbeurteilung

am 12.07.2007

in Karlsruhe



## ■ Gefährdungsbeurteilung als Basis für das Explosionschutzdokument

Arbeitsschutzgesetz	§ 5	Beurteilung von Gefährdungen und Belastungen
	§ 3	Wirksamkeitsprüfung der Arbeitsschutzmaßnahmen
BetrSichV	§ 3	Ermittlung von Maßnahmen für sichere Arbeitsmittel ⇒ Gefährdungsermittlung
GefStoffV	§§ 7,12 und Anhang III Nr. 1	Schutz vor Explosionsgefahren
BGV A1	§ 3	Gefährdungsermittlung und Dokumentationspflicht
TRBS 2152 Teil 1		Beurteilung der Explosionsgefahr

## ■ Welche Schwerpunkte sind durch die Gefährdungsbeurteilung bei Explosionsgefahr zu bearbeiten?

1. Ermittlung der Explosionsfähigkeit
2. Zoneneinteilung
3. Ermittlung wirksamer Zündquellen
4. Abschätzung der Auswirkungen einer Explosion
5. Festlegung konstruktiver Explosionsschutzmaßnahmen

**Gefährdungsbeurteilung ist  
ein iterativer Prozess!**

## ■ Gefährdungsbeurteilung

### **Ermittlung der Explosionsfähigkeit**

Kann im Bereich der zu beurteilenden Anlage oder im Inneren von Apparaturen explosionsfähige Atmosphäre auftreten?

Welche Mengen explosionsfähiger Atmosphäre kann aufgrund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse vorhanden sein oder entstehen und wo kann sie auftreten?

Sind zu erwartende Mengen explosionsfähiger Atmosphäre aufgrund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse gefahrdrohend?

## ■ Möglichkeiten und Verfahren zur Gefährdungsbeurteilung

1. Hilfsmittel wie Arbeitsblätter und Checklisten
2. Anwendung der EX-RL als Betreiber
3. Anwendung der DIN EN 1127-1 als Hersteller
4. Anwendung spezieller Methoden

## ■ Hilfsmittel wie Arbeitsblätter und Checklisten

**Merkblatt BGI 570 (A 016) „Gefährdungsbeurteilung – Durchführung“ (Arbeitsblatt 3)**

**Merkblatt BGI 571 (A 017) „Gefährdungsbeurteilung“ (Fragenkatalog 7.2 Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre)**

**Leitfaden zur Richtlinie 1999/92/EG:**

Checkliste A 3.1 „Explosionsschutz im Innern von Apparaturen“

Checkliste A 3.2 „Explosionsschutz in der Umgebung von Apparaturen“

## ■ Merkblatt BGI 570 (A 016) (Auszug)

Nr.	Mögliche Gefährdungen	Maßnahmen ausreichend		Maßnahmen erforderlich	Beratungsbedarf		Realisierung		Wirksamkeit	
		Ja	Nein		Ja	Nein	Bis wann	Durch	Wirksam	Ab wann
6	Ex-gefahr bei Metallentfettung durch Lösemittel		X	Austausch brennbarer Lösemittel durch Ester	X		III. Quartal des laufenden Jahres	IT	offen	offen

## ■ Gefährdungsbeurteilung

**WACKER**

### **Checkliste zur Ermittlung von Explosionsgefahren Gefährdungsbeurteilung zum Explosionsschutzdokument**

...

A Vermeiden oder Einschränken gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre

...

B Vermeiden wirksamer Zündquellen

...

C Konstruktiver Explosionsschutz (falls notwendig)

...

Gefährdungsbeurteilung

## ■ Anwendung spezieller Methoden

- Sicherheitsanalysen nach Störfallverordnung
- TRGS 300 Sicherheitsbetrachtungen an Anlagen
- Risikoermittlungsverfahren, z. B.
  - PAAG-(HAZOP-)Verfahren
  - Ausfalleffektanalyse nach DIN 25448
  - Störfallablaufanalyse nach DIN 25419
  - Fehlerbaum-Analyse nach DIN 25404

## ■ Philosophie des Explosionsschutzes

1. Vermeidung der Entstehung explosionsfähiger Atmosphäre

Wenn nicht möglich  Zoneneinteilung

2. Vermeidung wirksamer Zündquellen
3. Konstruktiver Explosionsschutz

# ■ Sicherheitstechnische Kennzahlen zur Beurteilung der Explosionsgefahr

## ***Bei Gasen, Dämpfen, Nebeln***

- Untere Explosionsgrenze
- Obere Explosionsgrenze
- Flammpunkt
- Dichteverhältnis zu Luft
- Maximaler Explosionsdruck
- Zündtemperatur
- Sauerstoffgrenzkonzentration

# ■ Sicherheitstechnische Kennzahlen zur Beurteilung der Explosionsgefahr

## ***Bei Stäuben***

- Explosionsfähigkeit ( $K_{st}$ -Wert )
- Explosionsgrenzen
- Sauerstoffgrenzkonzentration
- Mindestzündenergie
- Zündtemperatur
- Glimmtemperatur
- Maximaler Explosionsüberdruck

## ■ Zoneneinteilung

### **Was sind Zonen?**

Explosionsgefährdete Bereiche sind nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens bzw. Vorhandenseins gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen zu unterteilen.

Zonen dienen zur Bestimmung des Umfanges der zur Vermeidung von Zündquellen erforderlichen Maßnahmen.

## ■ Europäisch einheitliche Zonen

Für Gase, Dämpfe, Nebel gilt:

**Zone 0:** ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

**Zone 1:** ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

**Zone 2:** ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

## ■ Europäisch einheitliche Zonen nach RL 1999/92/EG

Für brennbare Stäube gilt:

**Zone 20:** ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

**Zone 21:** ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.

**Zone 22:** ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

## ■ Europäisch einheitliche Zonen nach RL 1999/92/EG

### Bemerkung 1:

*Der Begriff „häufig“ ist im Sinne von „zeitlich überwiegend“ zu verwenden.*

### Bemerkung 2:

*Als Normalbetrieb gilt der Zustand, in dem die Arbeitsmittel oder Anlagen und deren Einrichtungen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt oder betrieben werden.*

### Bemerkung 3:

*Schichten, Ablagerungen und Anhäufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache, die zur Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre führen kann, zu berücksichtigen.*

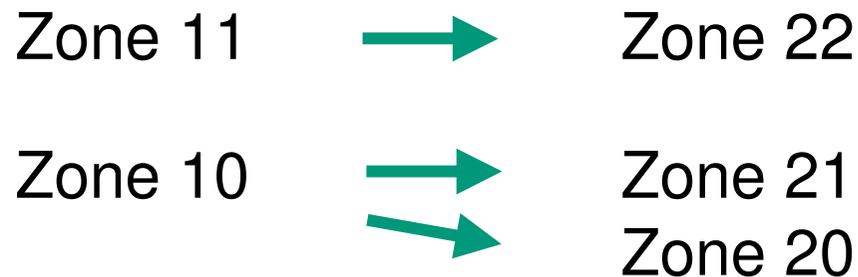
## ■ Einteilung ex-gefährdeter Bereiche in Zonen nach ElexV (alt)

**Zone 10** umfasst Bereiche, in denen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre durch Staub **langzeitig** oder **häufig** vorhanden ist.

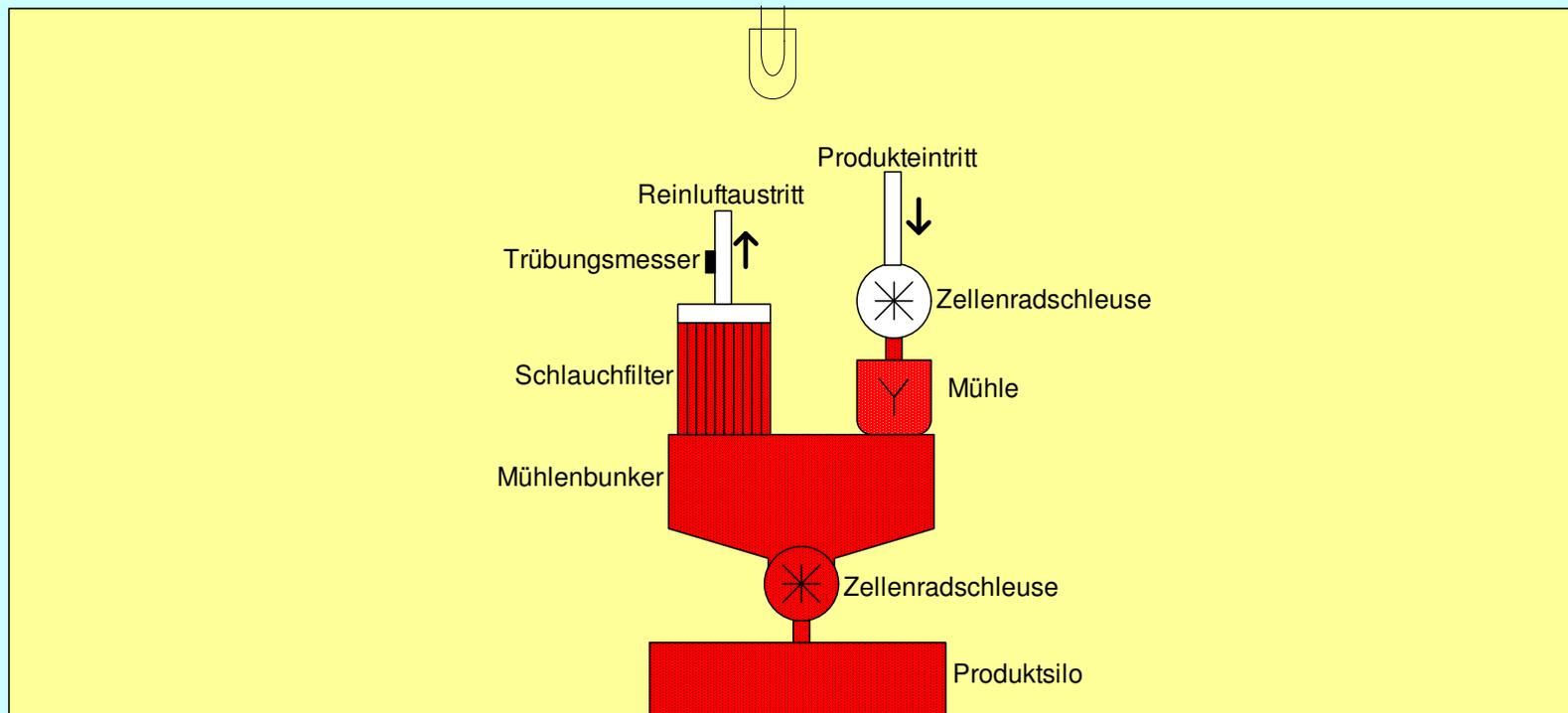
**Zone 11** umfasst Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass **gelegentlich** durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes gefährliche explosionsfähige Atmosphäre **kurzzeitig** auftritt.

## ■ Zoneneinteilung

- Die Zonen 10 und 11 für Stäube entfallen bei Neuanlagen
- Für Altanlagen gibt es keinen Termin bis wann die neue Zoneneinteilung für Stäube zwingend wird.



## ■ Grafische Darstellung der Zonenausdehnung



 Zone 20

### Bild 57:

EX-RL – Beispielsammlung 3.3.2 b) Mühlen; wie Bild 56 aber: Mühle kann konstruktionsbedingt auch bei seltenen Störungen nicht als Zündquelle wirksam werden (z. B. Luftstrahlmühle ohne Rotorsichter).

## ■ Dichtigkeit von Apparaturen

1. Auf Dauer technisch dichte Apparaturen
  - a) konstruktiv
  - b) konstruktive Maßnahmen kombiniert mit organisatorischen Maßnahmen
2. Technisch dichte Apparaturen
3. Verringern betriebsbedingter Austritte brennbarer Stoffe

## ■ Auf Dauer technisch Dichte Apparaturen

### a) Konstruktiv

z. B.:

- geschweißte Verbindungen
- Wellendurchführungen mit doppelwirkender Gleitringdichtung
- Flansche mit Nut und Feder

### b) Konstruktive Maßnahmen kombiniert mit organisatorischen Maßnahmen

z. B. an thermisch beanspruchten Dichtungen

- Begehung und Kontrolle
- Mobile Leckanzeige oder tragbare Gaswarneinrichtungen
- Stationäre Gaswarngeräte mit Warnfunktion

## ■ Vermeidung der Entzündung (Zündquellen)

### **Welches sind die in der Praxis wichtigsten Zündquellen?**

Von 13 Zündquellenarten sind die folgenden Zündquellen in der Praxis am wichtigsten:

- Heiße Oberflächen
- Flammen,
- Mechanisch erzeugte Funken,
- Elektrische Anlagen,
- Statische Elektrizität,
- Blitzschlag.

Je höher die Zone, umso umfangreicher sind die Schutzmaßnahmen!

## ■ Einsatz geprüfter elektrischer und nichtelektrischer Geräte

Geräteklasse 1 Zone 0 / 20		Geräteklasse 2 Zone 1 / 21			Geräteklasse 3 Zone 2 / 22	
elektrisch	nicht elektrisch	elektrisch	nichtelektrisch		elektrisch	nicht elektrisch
			Motore mit Innerer Ver- brennung	Übrige Geräte		
EG-Baumusterprüfung	EG-Baumusterprüfung	EG-Baumusterprüfung	EG-Baumusterprüfung	Konformitäts- bescheinigung	Konformitäts- bescheinigung	Konformitäts- bescheinigung

## ■ Vermeidung der Entzündung (Zündquellen)

### Anforderungen an elektrische Betriebsmittel in den Zonen

Zone	Anforderungen	Beispiel
Zone 2	Herstellereklärung für Gerätekategorie 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zündschutzart „n“ nach DIN 60079-15</li> <li>• Keine zündfähige heiße Oberfläche und Gehäuse z. B. IP 54</li> <li>• Zone 1- bzw. 0-geeignet</li> </ul>
Zone 1	EG-Baumusterprüfbescheinigung für Gerätekategorie 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zündschutzart z. B. „d“ – druckfeste Kapselung</li> <li>• Zündschutzart z. B. „p“ – Überdruckkapselung</li> <li>• Zone 0-geeignet</li> </ul>
Zone 0	EG-Baumusterprüfbescheinigung für Gerätekategorie 1 (Einzelprüfung)	Zündschutzart „ia“ – Eigensicherheit

## ■ Beispiele

- Einsatz eines Motors oder eines Verteilerkastens in Zone 2: Schutzart „n“ oder Herstellererklärung
- Seilwinde, Taschenlampe in Zone 2: entweder sie sind durch Herstellererklärung für Zone 2 geeignet oder Einsatz nur, wenn Ex-Freiheit gewährleistet ist (Freimessung)

## ■ Beispiele (Schraubendreher im Ex-Bereich)

Werkzeuge mit einzelnen Funken z. B. Schraubendreher		Werkzeuge mit Funkenregen z. B. Trennschleifer	Funkenerzeugende Werkzeuge z. B. Schraubendreher, Trennschleifer
In Zone 2 erlaubt	In Zone 1 für bestimmte Stoffe nicht erlaubt	In Zone 2 und 1 nicht erlaubt, es sei denn: eine explosionsfähige Atmosphäre liegt nicht vor (Freigabeschein)	In Zone 0 nicht erlaubt
In Zone 22 erlaubt	In Zone 21 erlaubt	In Zone 22 und 21 nicht erlaubt, es sei denn: Arbeitsstelle ist zur Zone abgeschirmt; Staubablagerungen sind entfernt oder feucht gehalten (Freigabeschein)	In Zone 20 nicht erlaubt

## ■ Instandhaltung in explosionsgefährdeten Bereichen

Das Auftreten einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre (g. e. A) ist zu vermeiden:

- Gewährleistung der Staubfreiheit,
- Staubaufwirbelungen (z. B. durch Befeuchten) vermeiden,
- Öffnungen zu anderen Bereichen (z. B. Deckendurchbrüche) abdecken,
- Ausstellen von Freigabebescheinigen (Feuer- und Schweiß-erlaubnisschein).

Kann g.e.A. nicht sicher ausgeschlossen werden, sind Maßnahmen zur Vermeidung von Zündquellen erforderlich!

## ■ Instandhaltung in explosionsgefährdeten Bereichen

### Vermeidung von Zündquellen

- Auswahl von geeignetem Werkzeug,
- Verschleißteile austauschbar gestalten → Schweißen in der Werksatt,
- räumliche Eingrenzung der Wirksamkeit von Zündquellen, z. B. Abdecken der Umgebung

**Vor Wiedereinbetriebnahme muss der für den Normalbetrieb erforderliche Explosionsschutz wieder wirksam sein!**

## ■ Das Explosionsschutzdokument (ED)

### § 6 der BetrSichV

- Erstellung vor Arbeitsaufnahme,
- Überarbeitung bei wesentlichen Veränderungen und Erweiterungen,
- Kombination mit anderen Dokumenten (z. B. Genehmigungsverfahren) möglich.

## ■ Das Explosionsschutzdokument (ED)

Bei der Erstellung des ED kann auf vorhandene Gefährdungsbeurteilungen, Dokumente oder andere gleichwertige Berichte zurückgegriffen werden, die aufgrund von Verpflichtungen nach anderen Rechtsvorschriften erstellt worden sind.

Für Arbeitsmittel und –abläufe in explosionsgefährdeten Bereichen, die vor dem 03.10.2002 erstmalig bereitgestellt und eingeführt worden sind, hat der Arbeitgeber das ED spätestens bis zum 31.12.2005 zu erstellen.

## ■ Das Explosionsschutzdokument (ED)

Der Arbeitgeber hat das Explosionsschutzdokument zu erstellen und auf dem letzten Stand zu halten. Erforderlich sind:

- Ermittlung und Bewertung der Explosionsrisiken,
- Treffen angemessener Maßnahmen,
- Einteilung der Bereiche in Zonen,
- Festlegung der Bereiche in denen Mindestvorschriften (Anhang 4) gelten,
- Feststellung, dass Arbeitsstätten, Arbeitsmittel und Warn-einrichtungen sicher gestaltet, betrieben und gewartet werden,
- Aussagen zur sicheren Benutzung von Arbeitsmitteln.

## ■ Das Explosionsschutzdokument (ED)

Beispiel für den möglichen Aufbau eines Explosionsschutzdokumentes

1. Angabe des Betriebes/Betriebsteils/Arbeitsbereichs
2. Verantwortlicher
3. Kurzbeschreibung
4. Verfahrensbeschreibung
5. Stoffdaten
6. Gefährdungsbeurteilung
7. Schutzkonzept

## ■ Das Explosionsschutzdokument (ED)

### 1. Angabe des Betriebes/Betriebsteils/Arbeitsbereichs

z. B.: Anlage

Lager

Gebäude

Arbeitsplatz

## ■ Das Explosionsschutzdokument (ED)

### 2. Verantwortlicher für den

- Betrieb,
- Betriebsteil oder
- Arbeitsbereich sowie

Erstellungsdatum und

Verzeichnis der Anhänge, z. B. Ex-Zonenplan

## ■ Das Explosionsschutzdokument (ED)

### 3. Kurzbeschreibung der baulichen und geografischen Gegebenheiten

z. B.: Lageplan

Gebäudeplan

Aufstellungsplan

Gebäude- bzw. Anlagenlüftung

## ■ Das Explosionsschutzdokument (ED)

### 4. Verfahrensbeschreibung – für den Explosionsschutz wesentliche Verfahrensparameter z. B.:

- verfahrenstechnische Kurzbeschreibung
- relevante Tätigkeiten, z. B. Probenahme
- eingesetzte Stoffe
- Einsatzmenge / Fördermenge
- Verarbeitungszustand
- Druck- und Temperaturbereich

## ■ Das Explosionsschutzdokument (ED)

### 5. Stoffdaten

- Bei Flüssigkeiten und Gasen z. B.
  - Flammpunkt
  - UEG/OEG
  - Zündtemperatur (Temperaturklasse)
  - Explosionsgruppe
- Bei brennbaren Stäuben z. B.:
  - UEG
  - Mindestzündenergie
  - Korngrößenverteilung
  - Mindestzündtemperaturen

## ■ Das Explosionsschutzdokument (ED)

### 6. Gefährdungsbeurteilung

### 7. Schutzkonzept

#### 7.1 Technische Schutzmaßnahmen

- Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre
- Vermeiden wirksamer Zündquellen
- Konstruktiver Explosionsschutz

#### 7.2 Zoneneinteilung

## ■ Das Explosionsschutzdokument (ED)

### 7.3 Organisatorische Maßnahmen

1. Unterweisung der Arbeitnehmer
2. Schriftliche Anweisungen, Arbeitsfreigaben
3. Koordination
4. Dichtigkeit der Anlage, Kontrollgänge, Instandhaltung
5. Prüfung z. B. von PLT
6. Beseitigung von Staubablagerungen

## ■ Auszug aus der EX-RL „Beispielsammlung“ - Läger

1. Die UEG wird sicher unterschritten, da der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit ausreichend über der Lagertemperatur liegt.  Es liegt keine Zone vor.
2. Der Flammpunkt liegt nicht ausreichend über der Lagertemperatur.  Zoneneinteilung ist abhängig von den Schutzmaßnahmen.

## ■ Auszug aus der EX-RL „Beispielsammlung“ - Läger

a)

- Behälter ist dicht verschlossen
- Regelmäßige Begehung
- Öffnen der Behälter im Lager ausgeschlossen
- Lagerhöhe ist kleiner als die nach gefahrgutrechtlichen Vorschriften vorgegebene Fallhöhe
- Beschädigung durch Transporteinrichtungen ausgeschlossen (Fassgreifer)

keine Zone

## ■ Auszug aus der EX-RL „Beispielsammlung“ - Läger

**b)**

- Falls a) nicht in allen Punkten erfüllt, jedoch Behälter ist dicht verschlossen; natürliche Lüftung



entsprechend Zone 2:  
gesamter Raum bis 1,5 m  
Höhe; jedoch bei Räumen  
mit Raumvolumen kleiner  
100 m<sup>3</sup> entsprechend  
Zone 2: gesamter Raum

## ■ Weiterführende Literatur

### **Kompendium Explosionsschutz, Dr. Dyrba**

Carl Heymanns Verlag

ISBN 3-452-25836-X

Preis: Grundwerk 148,00 Euro

Ergänzungslieferung ca. 2 x jährlich; je Lieferung ca. 60,00 Euro

### **Lexikon Explosionsschutz, Dr. Dyrba**

Carl Heymanns Verlag

ISBN 3-452-26037-2

Preis: 42,00 Euro

### **Praxishandbuch Zoneneinteilung – Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen, Dr. Dyrba**

Carl Heymanns Verlag

ISBN 3-542-26395-9

Preis: ca. 50,00 Euro