



Betreiber elektrischer Anlagen in Ex-gefährdeten Bereichen

# pflichten und aufgaben





## vorwort

Kein technisches System, sei es auch noch so aufwendig und sorgfältig konstruiert, gefertigt und geprüft worden, funktioniert per se sicher und behält die ursprüngliche Funktionsfähigkeit ohne äußere Eingriffe über seine gesamte Lebenszeit.

Neben der konstruktiven Gestaltung eines Produktes und einer angemessenen Qualität bei der Herstellung kommt es auch auf die richtige Installation sowie auf eine vorbeugende Wartung an, die alle während der gesamten Lebensdauer auf das Produkt einwirkenden Einflüsse durch geeignete Inspektionen erfasst und ihre negativen Auswirkungen auf die Funktion und Sicherheit durch angemessene Maßnahmen weitestgehend rückgängig macht! Mehr noch als bei technischen Produkten aus dem Industrie- oder Konsumbereich sind bei sicherheitstechnisch relevanten Produkten, wie z.B. bei explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln, neben der reinen technischen Funktion (z.B. Leuchten oder Schalten) sämtliche Produkteigenschaften zu beachten, die für die Produktsicherheit bestimmend sind. Das für den Betrieb in explosionsgefährdeter Umgebung erforderliche hohe Sicherheitsniveau kann also nur gewährleistet werden, wenn die ausgelieferten Produkte eine ausreichende Qualität aufweisen, korrekt nach Herstellerangaben installiert und betrieben und in angemessenen Zeitabständen gewartet werden. Wie in anderen sicherheitskritischen Bereichen auch, kommt es somit beim Explosionsschutz auf ein ausgewogenes Zusammenspiel zwischen Herstellern und Betreibern unter Aufsicht der jeweiligen staatlichen Instanzen an.



In der vorliegenden Arbeit soll auf ausgewählte Aspekte dieses Zusammenspiels eingegangen und dabei insbesondere die Aufgaben des Betreibers aus Sicht eines Herstellers von explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln betrachtet werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem elektrischen Explosionsschutz. Der mechanische Explosionsschutz wird nur am Rande betrachtet.

Trotz beachtlicher Erfolge bei der Angleichung der weltweiten Rechtsvorschriften für explosionsgefährdete Bereiche gibt es nach wie vor große Unterschiede zwischen verschiedenen Ländern und Regionen. In Deutschland sind die Betriebssicherheit und die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) zu berücksichtigen. Gerade in Bezug auf die notwendigen Prüfungen und das Prüfpersonal gibt es Abweichungen zu den IEC-Normen. Aus diesem Grund soll hier exemplarisch auf die Regelungen innerhalb der Europäischen Gemeinschaft sowie bei der Darstellung der nationalen Umsetzung auf das deutsche Recht eingegangen werden.



# inhalt

<b>1</b>	Vorwort	2
<b>2</b>	Rechtsvorschriften innerhalb der Europäischen Gemeinschaft für die Sicherstellung des Explosionsschutzes beim Betreiber	6
2.1	EG-Richtlinien 94/9/EG und 1999/92/EG	6
2.2	Umsetzung der Richtlinien 94/9/EG und 1999/92/EG in nationales Recht	7
2.3	Technische Regeln und Normen	8
<b>3</b>	Aufgaben des Betreibers zur Aufrechterhaltung des Soll-Zustandes der Geräte und Schutzsysteme in explosionsgefährdeten Bereichen	10
3.1	Begriffe	10
3.2	Montage und Installation	12
3.2.1	Pflichten des Herstellers und des Betreibers	12
3.2.2	Weitere Anforderungen an die Montage und Installation	15
3.3	Prüfung und Instandhaltung	18
3.3.1	Gesetzliche Anforderungen	18
3.3.2	Anforderungen an die Qualifikation des Prüfpersonals	19



3.3.3	Technische Dokumentation für die Prüfungs- und Instandhaltungsarbeiten	19
3.3.4	Überprüfung nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV	20
3.3.5	Prüfungen vor Inbetriebnahme nach §14 BetrSichV	20
3.3.6	Wiederkehrende Prüfungen	21
3.3.7	Instandsetzung	23
3.3.8	Besondere Anforderungen an die Prüfung und Wartung bzw. Reparatur von druckfest gekapselten elektrischen Geräten	24
3.3.9	Besondere Anforderungen an die Prüfung und Wartung bzw. Reparatur von elektrischen Betriebsmitteln der Zündschutzart »Erhöhte Sicherheit«	28
3.3.10	Besondere Anforderungen an die Prüfung und Wartung bzw. Reparatur von eigensicheren elektrischen Geräten	30
3.3.11	Weitere wichtige Prüf- und Wartungsmaßnahmen	31
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>34</b>

## 2. Rechtsvorschriften innerhalb der Europäischen Gemeinschaft für die Sicherheit des Explosionsschutzes beim Betreiber

### 2.1 EG-Richtlinien 94/9/EG und 1999/92/EG

Nachdem am 30. Juni 2003 die relativ lange Übergangsfrist von 7 Jahren zu Ende gegangen ist, in der sowohl die neuen EG-Richtlinien als auch die alte EG Ex-Rahmen-Richtlinie 76/117/EWG ff. angewendet werden durften, sind jetzt ausschließlich die neuen Richtlinien 94/9/EG (ATEX 95) und 1999/82/EG (ATEX 137) in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Gemeinschaft gültig. Durch die neuen EG-Richtlinien für den Explosionsschutz wird ein völlig überarbeitetes Sicherheitskonzept sowohl für die Herstellung elektrischer Betriebsmittel als auch für den Betrieb dieser Betriebsmittel in den betreffenden Industrieanlagen verbindlich.

Das neue System des Europäischen Explosionsschutzes basiert auf zwei EG-Richtlinien:

- > Die aus dem Artikel 95 des EG-Vertrags abgeleitete Richtlinie 94/9/EG, welche die Beschaffenheitsanforderungen an Geräte und Schutzsysteme für den bestimmungsgemäßen Gebrauch in explosionsgefährdeten Bereichen festlegt und durch das Setzen eines einheitlichen Anforderungsniveaus den freien Warenverkehr dieser Produkte innerhalb der EG ermöglicht.
- > Die auf Grundlage des Artikels 137 des EWG-Vertrages erlassene Richtlinie 1999/92/EG, welche Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Arbeitssicherheit von Arbeitnehmern, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können, definiert.

Während sich Erstere vorrangig an die Hersteller explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel und an die Zertifizierungsstellen (Notified Bodies-EXNB) wendet, ist die zweite Richtlinie vorrangig für Betreiber von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen verbindlich.

Die EG-Richtlinie 94/9/EG regelt für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen u.a.:

- > die Unterteilung in Gerätegruppen und -kategorien sowie die Entscheidungskriterien zur Einstufung der Geräte und Schutzsysteme,
- > die für die jeweiligen Gerätegruppen und -kategorien anzuwendenden Konformitätsbewertungsverfahren,
- > die Verantwortung der Hersteller einschließlich der CE-Konformitätskennzeichnung,
- > die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen für die Konzeption und den Bau von explosionsgeschützten Betriebsmitteln.

Wesentlich für die Sicherheitsbetrachtung durch den Betreiber ist, dass mit Inkrafttreten dieser EG-Richtlinie die benannten Europäischen Zertifizierungsstellen neben der Ex-Baumusterprüfung eines bestimmten Produkttyps anhand von Produktmustern auch die regelmäßige Überwachung der qualitätssichernden Maßnahmen bei der Herstellung der Serienprodukte durchführen müssen. (Anerkennung der Qualitätsmanagementmaßnahmen nach Durchführung eines Audits beim Hersteller). Deutlich erhöht wurde der Anspruch an den Inhalt der Betriebsanleitungen. Diese werden im Rahmen der Baumusterprüfungen jetzt auch durch die Zertifizierungsstelle in Hinblick auf das Vorhandensein und die Vollständigkeit der sicherheitsrelevanten Aussagen überprüft.



Die 1999/92/EG (ATEX 137) legt die Pflichten der Arbeitgeber zum Schutz der Arbeitnehmer bei Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen fest. Unter anderem werden folgende Themen behandelt:

- > die grundsätzlichen technischen und/oder organisatorischen Maßnahmen zur Verhinderung von und dem Schutz gegen Explosionen und ihre Rangordnung,
- > die Beurteilung der Explosionsrisiken,
- > die allgemeinen Pflichten bezüglich der sicheren Gestaltung des Arbeitsumfeldes der Gewährleistung einer an das vorherrschende Risiko angepassten Aufsicht,
- > die Koordinierungspflicht bei Anwesenheit von Arbeitnehmern mehrerer Betriebe an derselben Arbeitsstätte,
- > die Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen,
- > die Verpflichtung zur Anlage und Pflege eines Explosionsschutzdokumentes und
- > die Übergangsfristen für Anlagen, die vor dem 30. Juni 2003 bereits in Betrieb waren sowie für nach dem 30. Juni 2003 in Betrieb genommene Neuanlagen.

Anhang I der Richtlinie beschreibt die Einteilung von Bereichen, in denen explosionsfähige Atmosphären vorhanden sein können. Im Anhang II der Richtlinie werden dagegen die Mindestvorschriften zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes in explosionsgefährdeten Bereichen erklärt. In Artikel 9 (Übergangsfristen) im Zusammenhang mit Anhang II der ATEX 137, wird die Verbindung der beiden Richtlinien hergestellt. Dort heißt es, dass nach dem 30. Juni 2003 erstmalig im Unternehmen bzw. im Betrieb zur Verfügung gestellte Geräte und Schutzsysteme entsprechend den Kategorien gemäß der Richtlinie 94/9/EG auszuwählen sind. Sehr hilfreich für die praktische Umsetzung der ATEX 137 ist der nicht-

verbindliche Leitfaden für bewährte Verfahren im Hinblick auf die Durchführung der Richtlinie.

---

## 2.2 Umsetzung der Richtlinien 94/9/EG und 1999/92/EG in nationales Recht

---

Die neue zweigeteilte Struktur der Rechtsvorschriften für den Explosionsschutz in der Europäischen Gemeinschaft spiegelt sich auch in der neuen nationalen Gesetzgebung bezüglich des Explosionsschutzes wider. Die Umsetzung der Forderungen aus der EG-Richtlinie 94/9/EG erfolgt über die 11. Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (11. GPSGV – Explosionsschutzverordnung), welche aktuell im Stand vom 6. Januar 2004 vorliegt. In dieser Verordnung sind alle erforderlichen Festlegungen bezüglich der Beschaffenheitsanforderungen und des Inverkehrbringens von Geräten und Schutzsystemen, Komponenten sowie Sicherheits-, Kontroll- und Regeleinrichtungen für explosionsgefährdete Bereiche getroffen. Sie entspricht im Wesentlichen der ATEX 95 und setzt das dort beschriebene Sicherheitsniveau deckungsgleich in nationales Recht um. So beinhaltet die Verordnung beispielsweise die Verpflichtung der Hersteller oder ihrer in der EG ansässigen Vertreter, die inverkehrzubringenden Geräte und Schutzsysteme in Übereinstimmung mit den in der EG-Richtlinie definierten grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen herzustellen.

Die Umsetzung der Richtlinie ATEX 137 sowie weiterer EG-Richtlinien wie der Druckgeräterichtlinie (97/23/EG) oder der Aufzugsrichtlinie (95/16/EG) in deutsches Recht erfolgt dagegen in der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV). In dieser sind die bisher über zahlreiche Verordnungen und Vorschriften verstreuten Arbeitsschutzanforderungen für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln und Anlagen, einschließlich des Betriebs überwachungsbedürftiger Anlagen, zusammengefasst. Damit wurde erstmalig ein umfassendes, widerspruchsfreies und modernes betriebliches Anlagen- und Sicherheitsrecht geschaffen<sup>1</sup>. Mit dieser Verordnung entstand somit ein umfassendes Schutzkonzept zur Abwehr von allen von Arbeitsmitteln ausgehenden Gefährdungen. Wesentliche Bausteine dieses Schutzkonzeptes sind:

- > eine einheitliche Gefährdungsbeurteilung für Arbeitsmittel oder sicherheitstechnische Bewertung für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen,
- > als einheitlicher Sicherheitsmaßstab der Stand von Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene sowie arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen,
- > vorgeschriebene Schutzmaßnahmen und Prüfungen sowie
- > Mindestanforderungen an die Beschaffenheit von Arbeitsmitteln<sup>1</sup>.

### 2.3 Technische Regeln und Normen

Technische Regeln sind Empfehlungen, von denen der Arbeitgeber in alleiniger Verantwortung abweichen kann, wenn er das in ihnen festgelegte Schutzniveau auch anders erreicht. Im Zuge der Einführung der Betriebssicherheitsverordnung wird das vielschichtige und nicht immer widerspruchsfreie nationale Regelwerk gestrafft und vereinfacht. Die Technischen Regeln sollen zur Ausfüllung und Konkretisierung der Verordnung dienen. Die Erfüllung der Anforderungen der von der Bundesregierung bekannt gegebenen Regeln und Erkenntnisse löst die Vermutung aus (Vermutungswirkung), dass die Vorschriften an die Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel nach der Betriebssicherheitsverordnung erfüllt sind. Das technische Regelwerk wird damit für die betriebliche Praxis wie auch für Aufsichtsdienste die wesentliche Erkenntnisquelle zur Beurteilung der erforderlichen Maßnahmen. Wichtige Technische Regeln für das Gebiet des Explosionsschutzes sind:

- > die Explosionsschutzregeln (EX-RL) für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung (BGR 104),
- > die Technischen Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF) und
- > die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS).

Neben diesen national gültigen Technischen Regeln gibt es mittlerweile auch eine Vielzahl von internationalen Normen, die ebenfalls den Stand der Technik dokumentieren und bei deren Einhaltung auch die Vermutungswirkung der Erfüllung der An-

<sup>1</sup> Aich, Fähnrich, Mattes

Die Betriebssicherheitsverordnung, August 2003

<sup>2</sup> [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/harmonised-standards/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/harmonised-standards/index_en.htm)



**Tabelle 1: Übersicht Technische Regeln für Betriebssicherheit (Explosionsgefahr)**

TRBS 1111	Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung
TRBS 1112 Teil 1	Explosionsgefährdungen bei und durch Instandhaltungsarbeiten - Beurteilung und Schutzmaßnahmen
TRBS 1123	Änderungen und wesentliche Veränderungen von Anlagen nach § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 BetrSichV – Ermittlung der Prüfnotwendigkeit gemäß § 14 Abs. 1 und 2 BetrSichV
TRBS 1201	Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
TRBS 1201 Teil 1	Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen und Überprüfung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen
TRBS 1201 Teil 3	Instandsetzung an Geräten, Schutzsystemen, Sicherheits-/Kontroll- und Regelvorrichtungen im Sinne der RL 94/9/EG – Ermittlung der Prüfnotwendigkeit gemäß § 14 Abs. 6 BetrSichV
TRBS 1201 Teil 5	Prüfung von Lageranlagen, Füllstellen, Tankstellen und Flugfeldbetankungsanlagen und soweit entzündliche, leichtentzündliche oder hochentzündliche Flüssigkeiten gelagert oder abgefüllt werden hinsichtlich Gefährdungen durch Brand und Explosion
TRBS 1203	Befähigte Personen
TRBS 2152	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Allgemeines
TRBS 2152 Teil 1	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Beurteilung der Explosionsgefährdung
TRBS 2152 Teil 2	Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
TRBS 2152 Teil 3	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
TRBS 2152 Teil 4	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken
TRBS 2153	Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen

forderungen der Richtlinien gegeben sein sollte. Letzteres ist allerdings formell nur dann der Fall, wenn diese Dokumente als sog. harmonisierte Standards im Europäischen Amtsblatt veröffentlicht wurden. Eine aktuelle Übersicht ist auf der Homepage der EU zu finden<sup>2</sup>. Im Einzelnen gibt es zum Thema Installation, Inspektion, Reparatur und Wartung die folgenden internationalen Normen (Tabelle 2). Auf dem Gebiet der Normung zum Explosionsschutz sind in den vergangenen 5 Jahren beachtliche Anstrengungen unternommen worden. Das bereits seit längerem existierende, umfassende und gut strukturierte Normenwerk zu den Beschaffenheitsanforderungen von Betriebsmitteln wurde ergänzt und noch praxisnäher strukturiert. Für den Betreiber stehen jetzt ebenfalls wichtige Normen zur Verfügung, mit deren Hilfe er die Zonenklassifizierung vornehmen und geeignete Betriebsmittel auswählen kann. Installation, Prüfung,

Wartung und Instandsetzung sind sowohl für den gas- als auch für den staubexplosionsgefährdeten Bereich umfassend umschrieben. Allerdings ist es für den Praktiker nicht immer leicht, sich innerhalb der Normenvielfalt zurechtzufinden und aus den häufig allgemein gehaltenen Festlegungen und Empfehlungen richtige konkrete Maßnahmen für seinen Anwendungsfall abzuleiten. Die folgenden Ausführungen sollen daher einige Erläuterungen und praktische Erfahrungen aus der Sicht eines Herstellers elektrischer Betriebsmittel in Bezug auf die o.g. Tätigkeiten bieten.

**Tabelle 2: Internationale Normen**

IEC 60079-14	Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen
IEC 60079-17	Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen
IEC 60079-19	Gerätereparatur, Überholung und Regenerierung



## 3. Aufgaben des Betreibers zur Aufrechterhaltung des Soll-Zustandes der Geräte und Schutzsysteme in explosionsgefährdeten Bereichen

### 3.1 Begriffe

#### Arbeitsmittel

Arbeitsmittel im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung sind Werkzeuge, Geräte, Maschinen oder Anlagen. Anlagen im Sinne von Satz 1 setzen sich aus mehreren Funktionseinheiten zusammen, die zueinander in Wechselwirkung stehen und deren sicherer Betrieb wesentlich von diesen Wechselwirkungen bestimmt wird; hierzu gehören insbesondere überwachungsbedürftige Anlagen im Sinne des § 2 Abs. 7 des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes.

#### Änderung einer Ex-Anlage

Änderung ist jede Maßnahme, bei der die Sicherheit der „Ex-Anlage“ beeinflusst wird. Als Änderung gilt auch jede Instandsetzung, welche die Sicherheit der „Ex-Anlage“ beeinflusst (§ 2 Abs. 5 BetrSichV). Eine Änderung im Sinne des § 2 Abs. 5 BetrSichV kann die Sicherheit sowohl positiv als auch negativ beeinflussen.

#### Wesentliche Veränderung einer Ex-Anlage

Wesentliche Veränderung ist jede Änderung, welche die „Ex-Anlage“ soweit verändert, dass sie in den Sicherheitsmerkmalen einer neuen Anlage entspricht (§ 2 Abs. 6 BetrSichV).

#### Sichtprüfung

Die Sichtprüfung beinhaltet eine durch äußere Begutachtung (ohne Eingriffe in Geräte, Einrichtungen, die Installation und die Montage) erzielte rechtzeitige Feststellung von optisch zu erkennenden Mängeln. Darüber hinaus erfolgt dabei auch die Feststellung von Mängeln durch Wahrnehmungen über andere Sinnesorgane (Tast-, Gehör-, Geruchsinn; Beispiele: übermäßige Vibration, Lagergeräusche an einer Maschine, Korrosion an einem druckfesten Gerät, Undichtigkeiten).

#### Nahprüfung

Die Nahprüfung beinhaltet die rechtzeitige Feststellung von nicht unmittelbar sicht- oder hörbaren Mängeln und wird analog zur Sichtprüfung, jedoch unter Verwendung von Zugangseinrichtungen (z. B. Leitern) und falls erforderlich anderen Hilfsmitteln durchgeführt. Eingriffe in die Prüfobjekte, z. B. die Öffnung eines Gehäuses, sind üblicherweise für eine Nahprüfung nicht erforderlich.

#### Detailprüfung

Die Detailprüfung beinhaltet zusätzlich zu den Aspekten der Sicht- und Nahprüfungen die Feststellung solcher Fehler, die nur durch Eingriffe, z. B. das Öffnen von Gehäusen und/oder, falls erforderlich, unter Verwendung von Werkzeugen und Prüfeinrichtungen zu erkennen sind.



## Befähigte Person

Der Begriff »Befähigte Person« hat mit Inkrafttreten der Betriebssicherheitsverordnung den Begriff der »Elektrofachkraft« im elektrischen Explosionsschutz abgelöst. Anforderungen an die Auswahl und die Qualifikation einer befähigten Person enthält § 2 (7) der Betriebssicherheitsverordnung. Eine befähigte Person im Sinne dieser Verordnung ist eine Person, die durch ihre Berufsausbildung und ihre zeitnahe Tätigkeit über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung der Arbeitsmittel verfügt. Sie darf bei ihrer Prüftätigkeit keinen fachlichen Weisungen unterliegen. Die Technische Regel TRBS 1203 legt die Anforderungen an die befähigte Person für Explosionsgefährdungen fest. Im Hinblick auf die speziellen Anforderungen, die in explosionsgefährdeten Bereichen an die Qualifi-

kation, Kompetenz und Erfahrung der Fachkräfte gestellt werden müssen, unterscheidet die Betriebssicherheitsverordnung drei Arten von befähigten Personen (Tabelle 1).

Tabelle 3: Übersicht Anforderungen an befähigte Personen<sup>3</sup>

	befähigte Person § 14 (1-3), § 15 BetrSichV	befähigte Person § 14 (6) BetrSichV	befähigte Person Anhang 4 Teil A Nr. 3.8 BetrSichV
Berufsausbildung	technische Berufsausbildung, ausreichende Qualifikation zur Prüfung		Einschlägiges Studium oder vergleichbare technische Qualifikation oder andere technische Qualifikation mit langjähriger Erfahrung auf dem Gebiet der Sicherheitstechnik
Berufserfahrung	praktischer Umgang mit den Arbeitsmitteln, Erfahrungen über die Durchführung der Prüfung, Kenntnisse im Umgang mit Prüfmitteln und hinsichtlich der Bewertung von Prüfergebnissen, Beurteilung der Prüfverfahren		
	mindestens einjährige Erfahrung mit der Herstellung, dem Zusammenbau oder der Instandhaltung		
Zeitnahe berufliche Tätigkeit	Tätigkeit im Umfeld der anstehenden Prüfung des Prüfgegenstandes, Erhalt der Prüfpraxis (mehrere Prüfungen pro Jahr)		
	Kenntnisse zum Explosionsschutz auf aktuellem Stand halten, z.B. durch Teilnahme an Schulungen oder Unterweisungen		Fortbildung durch regelmäßige Teilnahme an einem einschlägigen Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet des Explosionsschutzes
Anerkennung durch zuständige Behörde	nein	ja	nein
Fachliche Weisung	Sie unterliegt bei ihrer Prüftätigkeit keinen fachlichen Weisungen und darf wegen dieser Tätigkeit nicht benachteiligt werden		

<sup>3</sup> TRBS 1203: Befähigte Person

## 3.2 Projektierung, Auswahl und Errichtung

### 3.2.1 Pflichten des Herstellers und des Betreibers

Bei der vorliegenden Betrachtung wird davon ausgegangen, dass die Gefährdungsbeurteilung gemäß § 3 BetrSichV durchgeführt und in diesem Zuge auch eine Zoneneinteilung nach § 5 BetrSichV vorgenommen wurde. Die für eine korrekte Installation notwendigen Informationen bezüglich der Zonenklassifikation, der Temperaturklassen oder der für die brennbaren Substanzen charakteristischen Zündtemperaturen sowie die Einteilung von Gasen und Stäuben in die entsprechenden Gruppen, müssen in Form eines Explosionsschutzdokumentes oder eines aussagekräftigen Auszugs daraus vorliegen. Vor Beginn der Montage ist zu überprüfen, ob die zu montierenden Geräte für den vorliegenden Anwendungsfall geeignet sind. Alle dazu erforderlichen Angaben sind im Typschild der Geräte vorhanden sowie der Betriebsanleitung zu entnehmen. Innerhalb der EU dürfen explosionsgeschützte Geräte nur dann in Verkehr gebracht werden, wenn alle in der EG-Baumusterprüfbescheinigung vorgeschriebenen Prüfungen vom Hersteller während der Produktion ausgeführt und erfolgreich bestanden wurden. In der IEC 60079-0 heißt es dazu im Abschnitt 28.1 „Verantwortlichkeit des Herstellers - Übereinstimmung der Unterlagen“:

Der Hersteller muss notwendige Verifizierungsmaßnahmen und Prüfungen durchführen, um sicherzustellen, dass das gefertigte elektrische Gerät mit den Dokumentationen übereinstimmt.

Weiter heißt es im Abschnitt 28 »Verantwortlichkeit des Herstellers«: »Durch Anbringen der Kennzeichnung auf dem elektrischen Gerät nach Abschnitt 29 bestätigt der Hersteller in eigener Verantwortung, dass

- > das elektrische Gerät in Übereinstimmung mit den im Hinblick auf die Sicherheit zutreffenden Anforderungen der einschlägigen Normen gebaut wurde,
- > die in Abschnitt 28.1 angegebenen laufenden Überwachungen und Prüfungen erfolgreich abgeschlossen wurden und das Erzeugnis mit der Dokumentation übereinstimmt.«

In der zur technischen Dokumentation zugehörigen CE-Konformitätserklärung bestätigt der Hersteller, dass das Produkt mit den relevanten EG-Richtlinien übereinstimmt.

Für die montierende und installierende Firma bedeutet dies, dass das Gerät an sich keiner weiteren Prüfung auf Einhaltung der sicherheitstechnischen Kenngrößen zu unterziehen ist. Es ist lediglich eine Identifikation der Eignung für den Gebrauch (wie oben geschildert) durchzuführen.

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit enthalten sicherheitstechnische Festlegungen im Sinne der Betriebssicherheitsverordnungen. Für die Errichtung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen ist die TRBS-Reihe 2152 (gefährliche explosionsfähige Atmosphäre) und die TRBS 2153 (Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung) zu berücksichtigen. Die TRBS 2152 Teil 3 konkretisiert die Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung zur Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre. Sie legt Maßnahmen fest, die das Wirksamwerden der einzelnen Zündquellen verhindern. So sind für elektrische Anlagen viele konkrete Maßnahmen für die Installation aufgeführt. Als zusätzliche Erkenntnisquelle kann die IEC 60079-14 (DIN VDE 0165-1) »Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen« herangezogen werden.



Im Folgenden soll nicht der Originaltext wiedergegeben werden, sondern auf einzelne Forderungen beispielhaft eingegangen werden, deren Beachtung sich in der Vergangenheit als sehr wichtig herausgestellt hat:

#### (4.1) Allgemeine Anforderungen

»Anlagen sollten so ausgelegt und Geräte und Werkstoffe so installiert werden, dass ein leichter Zugang für die Prüfung und Instandhaltung gewährleistet ist.«

Prüfungen können nur dann effektiv und richtig vorgenommen werden, wenn die zu inspizierenden Geräte einfach zugänglich sind. Unnötig gewählte und schwer zugängliche und abgelegene Montageorte provozieren »Alibi-Prüfungen« oder gar den Verzicht auf Prüfungen.

#### (5) Auswahl elektrischer Geräte

Bei der Auswahl der Geräte findet häufig eine Forderung zu wenig Beachtung: Der Schutz gegen äußere Einflüsse (5.5). Es wird vom Errichter gefordert, dass die elektrischen Geräte gegen äußere Einflüsse geschützt sind, die den Explosionsschutz nachteilig beeinträchtigen könnten (z. B. chemische, thermische, mechanische Einwirkungen, Schwingungen oder Feuchte).

Die Geräte sind in Bezug auf bestimmte standardisierte Umgebungsbedingungen konstruiert, geprüft und zugelassen. Liegen besondere Einsatzbedingungen vor, so ist dies vorab zwischen Betreiber und Hersteller zu besprechen, um gegebenenfalls wirksame Zusatzmaßnahmen ergreifen zu können. Insbesondere in Bezug auf den Schutz gegen das Eindringen von Wasser und Feuchtigkeit ist zu beachten, dass die IP-Schutzgrade, die vom Hersteller auf dem Typschild angegeben werden, nur auf Basis von genormten Prüfungsbedingungen ermittelt werden können, welche oft mit den in der Pra-



Bild 1: Der Druckausgleichsstutzen schützt vor Eindringen von Feuchtigkeit

xis anzutreffenden Belastungen nicht vergleichbar sind. Vielfach kann durch Anbringen eines Schutzdaches oder durch Montage eines Druckausgleichsstutzens im Gehäuse eine ausreichende Wirkung gegen das Eindringen von Feuchtigkeit erzielt werden (Bild 1).

#### (5.3) max. Umgebungstemperatur 40°C

Hier ist zu beachten, dass für die Installationspraxis im Nicht-Ex-Bereich eine Umgebungstemperatur von 30°C bzw. 25°C zugrunde gelegt wird. Im Ex-Bereich ist aber eine Umgebungstemperatur von bis zu 40°C zulässig. Weiterhin ist im Hinblick auf die Temperatur zu berücksichtigen, dass durch die aus Explosionsschutzgründen notwendigen Kapselungen Maßnahmen zur Wärmeabführung, wie sie aus der konventionellen Elektrotechnik her bekannt sind, nicht realisierbar sind.

**(6.1) Gefährdung durch aktive Teile**

Bei den geforderten Berührungsschutzmaßnahmen geht es um die Vermeidung von Zündgefahren. Jede Berührung mit blanken aktiven Teilen – ausgenommen eigensichere Teile – kann einen Zündfunken erzeugen und muss verhindert werden.

**(6.3) Potentialausgleich**

Für Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen ist ein Potentialausgleich erforderlich. Bei TN-, TT- und IT-Systemen müssen alle Körper elektrischer Geräte und fremde leitfähige Teile an das Potentialausgleichssystem angeschlossen sein. Die Verbindungen müssen gegen Selbstlockern gesichert sein.

**(9) Kabel und Leitungen**

Kabel und Leitungen sowie das Zubehör sollten nach Möglichkeit an Stellen installiert sein, an denen sie gegen mechanische Beschädigung und Korrosion oder gegen chemische Einwirkungen und Beeinträchtigung durch Wärme geschützt sind. Wenn Einwirkungen dieser Art unvermeidbar sind, müssen Maßnahmen zum Schutz der Anlage wie beispielsweise eine Installation im Schutzrohr ge-

troffen oder zweckentsprechende Kabel und Leitungen ausgewählt werden. Es ist sicherzustellen, dass es während oder nach Abschluss der Montage beim Verschließen der Geräte zu keiner Beschädigung der Leiterisolation kommen kann. So muss beispielsweise bei großen druckfest gekapselten Steuerungen mit herausklappbaren Montageebenen darauf geachtet werden, dass es beim Einklappen dieser Montageplatten oder beim Schließen der Druckraumdeckel keine mechanische Beschädigung von Kabeln und Leitern geben kann (Bild 2). Kabel- und Leitungseinführungen in erhöhter Sicherheit bieten zwar einen geprüften Zugentlastungsschutz, sind aber trotzdem lediglich für eine ortsfeste Verlegung geeignet, d. h., die Anschlussleitung muss außerhalb des Gehäuses separat mechanisch fixiert sein. Bezüglich der Einzelbestimmungen für die Eigensicherheit ist zu sagen, dass im Gegensatz zu allen anderen Zündschutzarten bei dieser Schutzart der Bereich des eigensicheren Stromkreises, der sich im Nicht-Ex-Bereich befindet, ebenfalls mit berücksichtigt werden muss. Bei der Zündschutzart »Eigensicherheit« handelt es sich nicht um Einzelgeräte oder Bauteile, die für sich gesehen explosionsgeschützt sind, sondern immer um geschlossene Stromkreise, die sicher gegen nicht eigensichere Stromkreise und auch gegen andere eigensichere Stromkreise getrennt sein müssen. Daraus resultieren die Anforderungen an die Trennung und Kennzeichnung der eigensicheren Stromkreise wie z. B.:

- > die getrennte Leitungsverlegung,
- > die durchgehende Kennzeichnung der eigensicheren Stromkreise z. B. durch die blaue Farbe,
- > die Abschirmung,
- > die erdfreie Errichtung oder besondere Anforderungen an die Erdung,
- > der erhöhte Abstand bei den Klemmen für den äußeren Anschluss usw. (Bild 3)



Bild 2: Kabel und Leiter sind vor mechanischer Beschädigung geschützt



Beim Zusammenschalten eigensicherer Stromkreise mit zugehörigen Betriebsmitteln, welche aktiv sein können, muss die Eigensicherheit sichergestellt sein.

### 3.2.2 Weitere Anforderungen an die Montage und Installation

Aus Sicht der Gewährleistung der Anforderungen des Explosionsschutzes sind bei der Montage der elektrischen Geräte weitere Forderungen zu beachten:

- > Die Gehäuse der explosionsgeschützten elektrischen Geräte sollten während der Montage und Installation weitestgehend geschlossen bleiben. Dies bedeutet, dass sie nicht länger zu öffnen sind, als es für den elektrischen Anschluss und andere erforderliche Prüf- und Einstellungsarbeiten erforderlich ist. Erfahrungsgemäß führt ein langzeitiges Öffnen des Gehäuses zu einer verstärkten Ansammlung von Feuchtigkeit und Schmutz im Inneren des Gerätes. Dies verschlechtert den Zustand der Kriechstrecken auf den Isolationsoberflächen und kann über längere Zeit zur Bildung von Kriechwegen und damit zu Kurzschlüssen führen. Nach Abschluss der Montage- und Installationsarbeiten sollte das Gerät hinsichtlich Feuchtigkeit oder Schmutz überprüft und gegebenenfalls gereinigt und getrocknet werden.
- > Die verwendeten Kabel- und Leitungseinführungen müssen mit der Zündschutzart des Gehäuses übereinstimmen. Bei einem druckfesten Gehäuse bedeutet dies, dass sowohl die Kabelverschraubung generell für druckfeste Kapselung zugelassen sein muss, aber auch die Übereinstimmung mit der Gruppe (IIA, IIB, IIC) muss gegeben sein. In der IEC 60079-14 ist die Vor-



Bild 3: Trennplatte zur Trennung von eigensicheren und nicht eigensicheren Stromkreisen



Bild 4: Passende Verschlussstopfen schließen sicher ab

gehensweise bei der Auswahl der richtigen Kabeleinführung in druckfeste Gehäuse durch ein Ablaufschema dargestellt. Je nach Größe und Einsatz des Gehäuses müssen die einzelnen Adern abgedichtet werden. Dafür wurden spezielle Kabeleinführungen entwickelt, bei denen die einzelnen Adern mit Hilfe einer Vergussmasse abgedichtet werden können. Bei Verwendung von metallischen Verschraubungen ist die korrekte Einbeziehung in das Erdungssystem und der Potentialausgleich zu gewährleisten. Unbenutzte Öffnungen in Gehäusen des Gerätes müssen durch zugelassene und für die Zündschutzart passende Verschlussstopfen sicher verschlossen sein (Bild 4). Bringt der Betreiber die Öffnungen für Leitungsdurchführungen in

Gehäuse der Zündschutzart »Erhöhte Sicherheit« selbst an, so muss er sicherstellen, dass die IP-Schutzart IP 54, die in der zutreffenden Norm IEC 60079-7 gefordert wird, nach Montage der Kabel- und Leitungseinführungen eingehalten ist und dass alle weiteren Vorgaben des Herstellers des Gerätes, die in der Betriebsanleitung dokumentiert sind, eingehalten werden. Bohrungen in druckfest gekapselten Gehäusen bedürfen in jedem Falle entweder einer Stückprüfung im Herstellerwerk oder durch eine befähigte Person nach § 14 (6) BetrSichV oder einer zugelassenen Überwachungsstelle (ZÜS).

- > Beim Durchführen der Anschlussleitung durch die Kabel- und Leitungseinführung ist zu beachten, dass der Außendurchmesser des Kabels mit dem Klemmbereich der Kabel- und Leitungseinführung durchgezogen und abschließend durch festes Anziehen der Überwurfmutter der Kabel- und Leitungseinführung fixiert werden. Eine derartig richtig ausgeführte Verbindung sorgt für den Explosionsschutz, indem

1. die IP-Schutzart IP 54 eingehalten wird und
2. eine Zugentlastung der Anschlussstellen im Inneren des Betriebsmittels gewährleistet ist.

Bei Kabeleinführung von oben ist sicherzustellen, dass kein Wasser über das Kabelinnere in das Gehäuse gelangt. Dies kann beispielsweise durch das Formen einer Kabelschleife vor dem Eintritt in die Verschraubung geschehen (Bild 5).

- > Beim Auflegen der Leitungen auf die Anschlussklemmen ist zu beachten, dass die Klemmquerschnitte der Leitungen mit den Klemmvermögen der Anschlussklemmen übereinstimmen. Nach Ausführung der Anschlüsse sind die für die jeweilige Zündschutzart vorgegebenen Luft- und Kriechstrecken einzuhalten. Ein zu langes Abisolieren der Leiterenden kann ebenfalls zu einer Verringerung der Luftstrecken führen (Bild 6).
- > Die anzuschließenden Leitungsenden sind gegen das Aufspleißen zu schützen. Das kann mit der Verwendung von geeigneten Hilfsmitteln wie Adernendhülsen oder Kabelschuhen, aber auch durch die Art der Klemme geschehen. Die heute marktüblichen Ex-Klemmen sind so konstruiert, dass eine Verwendung eines zusätzlichen Aufspleißschutzes nicht notwendig ist. Man sollte auch beachten, dass das Anbringen von



Bild 5: Kabelschleife schützt vor Eindringen des Wassers

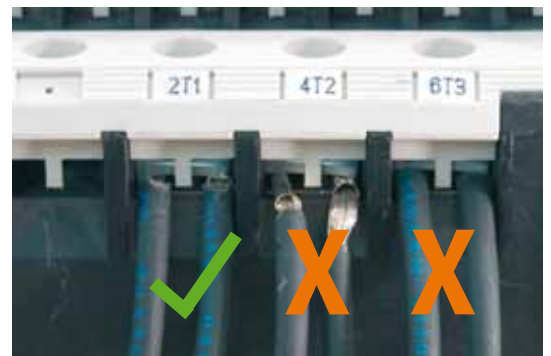


Bild 6: Richtiges und falsches Auflegen der Leitungen



Bild 7: **Getrennte Bündelung von Leitern**

zusätzlichem Aufspleißschutz eine Reihe von Fehlerquellen beinhaltet, die zu einer Verringerung des Explosionsschutzniveaus führen können. Generell hat zusätzlicher Aufspleißschutz nur mit den zum Leiterquerschnitt passenden Adernhülsen bzw. Kabelschuhen und unter Verwendung der vom Hersteller vorgegebenen Werkzeuge zu erfolgen.

- > Zu kurzes Abisolieren der Leiterenden ist unbedingt zu vermeiden, da dies die Gefahr des Unterklemmens von Isolationsstoffen mit sich bringt. Dies kann wiederum zu einer Entstehung von Heißpunkten führen (Bild 6).
- > Die Anschlussräume explosionsgeschützter elektrischer Geräte sind so gestaltet, dass sie genügend Platz aufweisen, um eingeführte Leitungen ordnungsgemäß zu verlegen. Insbesondere ist auf die Einhaltung des für den Leiterquerschnitt zulässigen Biegeradius zu achten. Weiterhin ist durch die Anordnung der eingeführten Leiter die Möglichkeit einer mechanischen Beschädigung, beispielsweise während der Bewegung von Einbauteilen, Montageplatten, Deckeln usw., zu vermeiden. Es ist darauf zu achten, dass durch die Art der Verlegung eine unzulässige Bündelung von stromführenden Leitern vermieden wird (Temperatur) sowie

Steuerstromkreise getrennt von Hauptstromkreisen zu verlegen sind (gegenseitige Beeinflussung) (Bild 7).

- > Die erforderlichen Abstände von eigensicheren Stromkreisen zu nicht eigensicheren Stromkreisen sind einzuhalten.

Nach Abschluss der Montage- und Installationsarbeiten sind folgende Tätigkeiten erforderlich:

- > Der innere Zustand des installierten Gerätes ist zu überprüfen, gegebenenfalls ist der Anschlussraum zu reinigen und zu trocknen.
- > Während der Installation abgenommener Berührungsschutz ist wieder anzubringen (Bild 8).
- > Im Gerät montierte elektrische Auslösegeräte sind durch den Betreiber vor der ersten Benutzung auf den Nennwert einzustellen. Werkmäßig erfolgt in der Regel keine Einstellung der Auslösegeräte, da die elektrischen Daten der Anlage dem Hersteller meistens nicht bekannt sind.
- > Alle elektrischen und mechanischen Verbindungsstellen sind zu überprüfen.
- > Das Gehäuse ist sorgfältig zu verschließen. Bei der Zündschutzart »Erhöhte Sicherheit« kommt es dabei auf die Gewährleistung der Dichtheit des Gehäuses an, bei der Zündschutzart »Druckfeste Kapselung« auf die korrekte Gestaltung und Absicherung des zünddurchschlagsicheren Spaltes. Dazu sind bei Gewindespalten die Druckraumdeckel bis zur Anschlagsschraube einzudrehen und bei Flachspalten sämtliche Deckelbefestigungsschrauben fest anzuziehen. Vor Verschluss ist der zünddurchschlagsichere Spalt durch Verwendung eines korrosionshemmenden Fettes zu schützen (Bild 9). Die erforderlichen Angaben über Anzugsdrehmomente und Verschluss technik sind der Betriebsanleitung zu entnehmen.

### 3.3 Prüfung und Instandhaltung

#### 3.3.1 Gesetzliche Anforderungen

Die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) legt in ihrem § 10: »Prüfung der Arbeitsmittel« Folgendes fest:

(1) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass die Arbeitsmittel, deren Sicherheit von den Montagebedingungen abhängt, nach der Montage und vor der ersten Inbetriebnahme sowie nach jeder Montage auf einer neuen Baustelle oder an einem neuen Standort geprüft werden. Die Prüfung hat den Zweck, sich von der ordnungsgemäßen Montage und der sicheren Funktion dieser Arbeitsmittel zu überzeugen. Die Prüfung darf nur von hierzu befähigten Personen durchgeführt werden.

(2) Unterliegen Arbeitsmittel schadenverursachenden Einflüssen, die zu gefährlichen Situationen führen können, hat der Arbeitgeber die Arbeitsmittel entsprechend den nach § 3 Abs. 3 ermittelten Fristen durch hierzu befähigte Personen überprüfen und erforderlichenfalls erproben zu lassen. Der Arbeitgeber hat Arbeitsmittel einer außerordentlichen Überprüfung durch hierzu befähigte Personen unverzüglich zu unterziehen, wenn außergewöhnliche Ereignisse stattgefunden haben, die schädigende Auswirkungen auf die Sicherheit des Arbeitsmittels haben können. Außergewöhnliche Ereignisse im Sinne des Satzes 2 können insbesondere Unfälle, Veränderungen an den Arbeitsmitteln, längere Zeiträume der Nichtbenutzung der Arbeitsmittel oder Naturereignisse sein. Die Maßnahmen nach den Sätzen 1 und 2 sind mit dem Ziel durchzuführen, Schäden rechtzeitig zu entdecken und zu beheben sowie die Einhaltung des sicheren Betriebs zu gewährleisten.



Bild 8: **Berührungsschutz**



Bild 9: **Verwendung von korrosionshemmenden Fett**

(3) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass Arbeitsmittel nach Instandsetzungsarbeiten, welche die Sicherheit der Arbeitsmittel beeinträchtigen können, durch befähigte Personen auf ihren sicheren Betrieb geprüft werden.

(4) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass die Prüfungen auch den Ergebnissen der Gefährdungsbeurteilung nach § 3 genügen.«

§ 10 beschreibt die generellen Anforderungen an die Prüfung von Arbeitsmitteln. Speziell für überwachungsbedürftige Anlagen ist in § 14: »Prüfung vor der Inbetriebnahme« festgelegt, dass eine solche Anlage erstmalig und nach einer wesentlichen Veränderung nur in Betrieb genommen werden darf, »wenn die Anlage unter Berücksichtigung der vor-



gesehenen Betriebsweise durch eine zugelassene Überwachungsstelle auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich der Montage, der Installation, den Aufstellbedingungen und der sicheren Funktion geprüft worden ist.« Weiterhin ist in § 14 festgelegt, dass Änderungen und Instandsetzungen einer anschließenden Prüfung durch eine zugelassene Überwachungsstelle bedürfen, soweit der Betrieb oder die Bauart der Anlage durch die Änderung beeinflusst wird oder die Instandsetzung ein Teil betrifft, von dem der Explosionsschutz abhängig ist. Diese Prüfungen dürfen auch von einer befähigten Person durchgeführt werden.

Neben diesen Prüfungen werden in § 15 BetrSichV auch wiederkehrende Prüfungen gefordert:

»(1) Eine überwachungsbedürftige Anlage und ihre Anlagenteile sind in bestimmten Fristen wiederkehrend auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich des Betriebs durch eine zugelassene Überwachungsstelle oder einer befähigten Person zu prüfen. Der Betreiber hat die Prüffristen der Gesamtanlage und der Anlagenteile auf der Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung zu ermitteln (...).«

»(15) Bei Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (...) müssen Prüfungen im Betrieb alle drei Jahre durchgeführt werden.«

---

### 3.3.2 Anforderungen an die Qualifikation des Prüfpersonals

---

Sämtliche Prüfungen, die in der Betriebssicherheitsverordnung festgelegt sind, müssen von einer befähigten Person oder von einer zugelassenen Überwachungsstelle durchgeführt werden. Die Anforderungen an die befähigte Person sind in Abschnitt 3.1 zusammengefasst.

---

### 3.3.3 Technische Dokumentation für die Prüfungs- und Instandhaltungsarbeiten

---

Für die korrekte Ausführung der Prüfungen sowie der Instandhaltungsarbeiten steht dem Fachmann vor Ort eine Vielzahl von Unterlagen zur Verfügung. Dabei handelt es sich zum einen um produktspezifische Unterlagen und zum anderen um allgemeingültige Unterlagen.

Zu den produktspezifischen Unterlagen zählt man

- > die Kennzeichnung auf dem Typschild des Gerätes,
- > die dem Gerät beigelegte Betriebsanleitung,
- > die EG-Baumusterprüfbescheinigung sowie die Konformitätserklärung des Herstellers,
- > bei komplexeren Schalt- und Verteilungsanlagen können noch Unterlagen wie Schaltpläne, Aufbaupläne oder Klemmenpläne zur technischen Dokumentation gehören.

Für die korrekte Ausführung der Prüfungs- und Instandhaltungsarbeiten ist es unbedingt erforderlich, dass die komplette produktspezifische Dokumentation über die gesamte Einsatzdauer des Produktes sicher aufbewahrt wird und den mit den Instandhaltungsarbeiten betrauten Fachleuten zur Verfügung gestellt werden kann.

Besonders wichtig sind Betriebsanleitungen von Geräten, die mit einem »X« gekennzeichnet sind. Für sie gelten spezielle Bedingungen für den sicheren Betrieb, die in den Betriebsanleitungen beschrieben sein müssen und vom Betreiber unbedingt einzuhalten sind.

Zu den allgemeingültigen Dokumenten für die Prüfung und Instandhaltung zählen:

- > Die relevanten Rechtsvorschriften wie die BetrSichV und das dazugehörige Technische Regelwerk (TRBS).
- > Die einschlägigen Normen und Standards für die Zündschutzarten.
- > Die Normen, die das Errichten, die Instandhaltung, die Prüfung sowie Reparaturen und Änderungen an elektrischen Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen regeln.

### 3.3.4 Überprüfung nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 BetrSichV

Nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 der Betriebssicherheitsverordnung ist vor erstmaliger Nutzung die Explosionssicherheit der Arbeitsplätze einschließlich der Arbeitsmittel und der Arbeitsumgebung zu überprüfen:

»Vor der erstmaligen Nutzung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen muss die Explosionssicherheit der Arbeitsplätze einschließlich der vorgesehenen Arbeitsmittel und der Arbeitsumgebung sowie der Maßnahmen zum Schutz von Dritten überprüft werden.«  
Ziel dieser Überprüfung ist der Nachweis der Richtigkeit des Explosionsschutzkonzeptes und seiner Umsetzung in der gesamten Anlage. Dabei steht die gesamtheitliche Systembetrachtung zum Schutz von Beschäftigten und Dritten im Vordergrund. Alle Funktionseinheiten und deren Wechselwirkungen sind einzubeziehen.

Diese Überprüfung ist von einer befähigten Person durchzuführen, die über besondere Kenntnisse auf dem Gebiet des Explosionsschutzes verfügt (befähigte Person Anhang 4 Teil A Nr. 3.8).

### 3.3.5 Prüfungen vor Inbetriebnahme nach §14 BetrSichV

In § 14 der BetrSichV heißt es: »Eine überwachungsbedürftige Anlage darf erstmalig und nach einer wesentlichen Veränderung nur dann in Betrieb genommen werden, wenn die Anlage unter Berücksichtigung der vorgesehenen Betriebsweise durch eine zugelassene Überwachungsstelle auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich der Montage, der Installation, den Aufstellungsbedingungen und der sicheren Funktion geprüft worden ist.« Gemäß Absatz 3 desselben Paragraphen darf diese Prüfung auch von einer befähigten Person ausgeführt werden.

Diese Prüfung vor erstmaliger Inbetriebnahme umfasst die Kontrolle der unter 3.2 beschriebenen Montage- und Installationsregeln sowie notwendige Funktionsprüfungen und Messungen. Insbesondere bei komplexen Schalt- und Verteileranlagen ist eine umfassende Funktionsprüfung nach der Installation erforderlich, da eine solche Prüfung durch den Hersteller in der Regel nicht durchführbar ist. Eine komplette Prüfung aller vorgesehenen Funktionen ist nur möglich, wenn alle Einspeisungen angeschlossen sind bzw. alle Ausgänge mit den vorgesehenen Betriebslasten verbunden sind. Diese sind in der Regel im Herstellerwerk nicht verfügbar, sodass sich eine Funktionsprüfung beim Hersteller auf einfache Schaltfunktionen bzw. auf die Überprüfung der korrekten Ausführung der inneren Verdrahtung beschränken muss. Eine weitere wichtige Tätigkeit während der Erstprüfung ist das Einstellen der in Schalt- und Verteileranlagen eingebauten Schutzeinrichtungen, wie Leistungsschalter oder Motorschutzrelais, auf den erforderlichen Nennstrom  $I_N$ . Außerdem sollten bei der Erstprüfung alle Erd- und Potentialausgleichsverbindungen auf Vollständigkeit und das Unterschreiten des erforderlichen maximalen Leiterwiderstandes überprüft werden.



Nach einer wesentlichen Veränderung ist die Anlage ebenfalls nach §14 (1) BetrSichV zu prüfen. Eine wesentliche Veränderung ist unter anderem dann gegeben, wenn die Erarbeitung eines neuen Explosionsschutzdokumentes mit vollständig neuem Explosionsschutzkonzept für die Gesamtanlage erforderlich ist.

Nach einer Änderung muss die Anlage auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich des sicheren Betriebs geprüft werden (§14 (2) der BetrSichV).

Die Festlegung des Prüfumfanges nach einer Änderung oder wesentlichen Veränderung basiert auf der Gefährdungsbeurteilung. Könnte durch eine Änderung oder eine wesentliche Veränderung die Sicherheit der Arbeitsplätze in explosionsgefährdeten Bereichen beeinträchtigt werden, so ist eine Überprüfung nach Anhang 4 Abschnitt A Nr. 3.8 durchzuführen.

---

### 3.3.6 Wiederkehrende Prüfungen

---

Wie in den Abschnitten 3.2 und 3.3.4 dargestellt wurde, kann der Betreiber unmittelbar nach der Inbetriebnahme der Anlage davon ausgehen, dass sich sowohl die einzelnen Komponenten der Anlage, als auch das System als Ganzes in einem ordnungsgemäßen und überprüften Zustand befindet. Jedes technische System, so auch ein explosionsgeschütztes elektrisches Gerät, unterliegt aber einem Verschleiß. Diese Tatsache wird in den Normen, welche die einzelnen Zündschutzarten beschreiben, durch angemessene Sicherheitsfaktoren berücksichtigt. Ungeachtet dessen ist es erforder-

lich, dieses hohe Sicherheitsniveau über die gesamte Lebensdauer eines explosionsgeschützten elektrischen Gerätes aufrechtzuerhalten. Zu diesem Zweck gibt der Gesetzgeber dem Betreiber in dem § 15 der BetrSichV die Verpflichtung zur regelmäßigen Überprüfung seiner Anlagen vor:

»(1) Eine überwachungsbedürftige Anlage und ihre Anlagenteile sind in bestimmten Fristen wiederkehrend auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich des Betriebs durch eine zugelassene Überwachungsstelle zu prüfen. Der Betreiber hat die Prüffristen der Gesamtanlage und der Anlagenteile auf der Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung zu ermitteln (...).«

»(2) Prüfungen nach Absatz 1 bestehen aus einer technischen Prüfung, die an der Anlage selbst unter Anwendung der Prüffregeln vorgenommen wird, und einer Ordnungsprüfung.«

Weiter heißt es im Absatz 15 speziell bezüglich des Explosionsschutzes:

»(15) Bei Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (...) müssen Prüfungen im Betrieb alle drei Jahre durchgeführt werden.«

Der Gesetzgeber verpflichtet den Betreiber also zur wiederkehrenden Prüfung und setzt ein bestimmtes Mindestkriterium, indem er diese Prüfungen in Abständen von mindestens drei Jahren fordert. Die konkrete Ermittlung der notwendigen Zeitabstände zwischen den Prüfungen ist aber Aufgabe des Betreibers selbst, und hat auf Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung zu erfolgen. In der Regel findet diese Bewertung im Rahmen der im § 3 definierten Gefährdungsbeurteilung statt:

»(3) Für Arbeitsmittel sind insbesondere Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen zu ermitteln (...).« Welche Anhaltspunkte stehen zur Ermittlung der tatsächlich notwendigen Fristen für die periodischen Prüfungen zur Verfügung?

a) Die Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen: Ein elektrisches Gerät wird in Abhängigkeit von den vorliegenden Umgebungsbedingungen mehr oder weniger stark angegriffen. So sind bei der Festlegung der Prüfungs- und Wartungsintervalle solche Gesichtspunkte wie der Aufstellungsort (Aufstellung im Freien oder in Innenräumen), die Anwesenheit von korrosiven Atmosphären, Verschmutzung mit aggressiven Substanzen wie z. B. Hydrauliköl, die langzeitige direkte Sonneneinwirkung mit ihren Haupteffekten der ultravioletten Strahlung und damit der Zersetzung von Kunststoffteilen und der Erwärmung zu berücksichtigen. Weiterhin spielt hier die Windbelastung sowie Beregnung, Überflutung oder Betauung eine wichtige Rolle.

b) Ein weiteres wichtiges Kriterium zur Ermittlung der notwendigen Prüfintervalle sind die Betriebsbedingungen. Hier sind solche Gesichtspunkte wie die mittlere Betriebsdauer, der Grad der Belastung des Gerätes relativ zur maximal zulässigen Belastung, die gegenseitige Beeinflussung von zusammenschalteten Geräten sowie die Sicherung vor Fehlbedingungen zu berücksichtigen. Der Betreiber muss einschätzen, wie weit sich bestimmte Betriebsregime auf den Grad der Abnutzung und des Verschleißes des Gerätes auswirken und dementsprechend Prüfungen festlegen.

c) Als eine weitere wichtige Quelle für die Ermittlung notwendiger Prüfintervalle stehen dem Betreiber seine häufig langjährigen Erfahrungen zur

Verfügung. Um diese Erfahrungen effektiv ausnutzen zu können, müssen die Ergebnisse von Prüfungen, Wartung und Reparaturen lückenlos aufgezeichnet sein. Nur dann ist es möglich, über einen längeren Zeitraum systematisch zu analysieren, welche Geräte unter welchen Umgebungs- und Betriebsbedingungen welche Verschleißerscheinungen aufweisen, und dementsprechend rechtzeitig Prüfungen einzuplanen.

d) Die Hersteller von explosionsgeschützten elektrischen Geräten geben, falls möglich, Hinweise zur Festlegung von Prüf- und Wartungsintervallen in den Betriebsanleitungen vor.

e) Prüfungen sind außerdem erforderlich, wenn es in der Anlage zu einer Änderung der Zoneinteilung kommt oder der Einbauort eines Gerätes geändert wird. Der Schwerpunkt dieser Prüfungen liegt darin, festzustellen, ob das Gerät für die neuen Umgebungsbedingungen überhaupt ausreichend geeignet ist. Über die Art der Prüfung wird in § 15 der BetrSichV zunächst eine generelle Vorgabe für die notwendigen Ordnungsprüfungen und technischen Prüfungen gemacht. Konkretisiert werden die Forderungen in der TRBS 1201 Teil 1. Im Rahmen der Ordnungsprüfungen werden zunächst die Unterlagen auf ihr Vorhandensein und ihre Vollständigkeit untersucht. Zu den zum sicheren Betrieb und zur korrekten Durchführung der Prüfungen notwendigen Dokumente gehören das Explosionsschutzdokument oder ein Auszug für den jeweiligen Anlagenbereich, die Betriebsanleitungen, Schalt- und Installationspläne, EG-Konformitätserklärungen, Konformitätsbescheinigungen, Ausnahmegenehmigungen, Errichterbestätigungen, Prüfbescheinigungen der wiederkehrenden Prüfungen und andere. Eine vollständige Aufzählung der notwendigen Dokumente ist an dieser Stelle nicht möglich. Der



mit der Prüfung beauftragte Mitarbeiter hat die Auswahl der zur Prüfung heranzuziehenden Dokumente in Abhängigkeit von den konkreten Gegebenheiten (z. B. Komplexität) zu treffen. Auf alle Fälle muss ein Inhaltsverzeichnis mit den zur Verfügung stehenden Dokumente vorliegen.

Die technischen Prüfungen können nach TRBS 1201 Teil 1 bzw. IEC 60079-17 bezüglich ihrer Prüftiefe in

- > Sichtprüfung,
- > Nahprüfung und
- > Detailprüfung

unterschieden werden (Definition siehe 3.1).

Die Prüfungen können sowohl als Stichprobenprüfung bei einer größeren Anzahl gleichartiger Geräte wie beispielsweise Leuchten in Fabrikationshallen, als auch als Stückprüfung an den einzelnen Geräten durchgeführt werden. Dabei ist zu beachten, dass bei Stichprobenprüfungen vor allem systematische Fehler wie beispielsweise der Einfluss von Umgebungsbedingungen, Schwingen, Konstruktionsmängeln usw. zu ermitteln ist. Mit sorgfältiger Planung und Dokumentation verbunden, stellen Stichprobenprüfungen eine wirtschaftliche und effektive Überwachungsform dar. Zufällige Fehler wie z. B. lockere Verbindungen oder Beschädigungen von Gehäusen werden üblicherweise durch die Stückprüfung erkannt. Die Entscheidung, ob während der wiederkehrenden Prüfungen an bestimmten elektrischen Geräten Sicht-, Nah- oder Detailprüfungen durchgeführt werden und ob diese Prüfungen für jedes Gerät durchzuführen sind oder als Stichprobe, obliegt ebenfalls dem Betreiber. Ihm stehen dazu die unter a) bis d) genannten Entscheidungshilfen zur Verfügung. Sehr hilfreich sind auch die in der obenstehenden Norm enthaltenen Tabellen 1 bis 3, die für die wichtigsten Zündschutzarten geeignete Prüfpläne enthalten. Gemäß

§ 11 BetrSichV sind die Ergebnisse sämtlicher Prüfungen generell aufzuzeichnen.

---

### 3.3.7 Instandsetzung

---

In § 12 der BetrSichV ist festgelegt, dass Überwachungsbedürftige Anlagen, zu denen natürlich auch die Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen zählen, nicht betrieben werden dürfen, wenn sie Mängel aufweisen, durch die Beschäftigte oder Dritte gefährdet werden können. In § 12 Absatz 3 heißt es:

»(3) Wer eine Überwachungsbedürftige Anlage betreibt, hat diese in ordnungsgemäßem Zustand zu erhalten, zu überwachen, notwendige Instandsetzungs- oder Wartungsarbeiten unverzüglich vorzunehmen und die den Umständen nach erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen zu treffen.«

Berühren die Instandsetzungsarbeiten Sicherheitsaspekte des Gerätes, also im explosionsgefährdeten Bereich Eigenschaften, die den Explosionsschutz beeinflussen, muss das instandgesetzte Arbeitsmittel vor der Wiederinbetriebnahme durch eine befähigte Person, die von der zuständigen Behörde anerkannt ist, überprüft werden. In § 14 Absatz 6 heißt es dazu:

»(6) Ist ein Gerät, ein Schutzsystem oder eine Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtung im Sinne der Richtlinie 94/9/EG hinsichtlich eines Teils, von dem der Explosionsschutz abhängt, instandgesetzt worden, so darf es (...) erst wieder in Betrieb genommen werden, nachdem die zugelassene Überwachungsstelle festgestellt hat, dass es in den für den Explosionsschutz wesentlichen Merkmalen den Anforderungen dieser Untersuchung entspricht (...). Die Prüfungen nach Satz 1

dürfen auch von befähigten Personen eines Unternehmens durchgeführt werden, soweit diese Personen von der zuständigen Behörde für die Prüfung der durch dieses Unternehmen instandgesetzten Geräte, Schutzsysteme oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen anerkannt sind.«

Weiterhin besteht nach wie vor die Möglichkeit, die Prüfung durch den Hersteller des instandgesetzten Produktes durchführen zu lassen.

Ob ein Gerät nach einer durchgeführten Reparatur durch eine anerkannte befähigte Person des Betreibers bzw. durch den Hersteller des Gerätes selbst überprüft werden muss, hängt also davon ab, ob die Reparaturarbeiten mit dem Explosionsschutz des Gerätes zusammenhängen oder nicht. Auch hier ist, genau wie bei der Festlegung der notwendigen Prüfintervalle, eine eindeutige Entscheidung in manchen Fällen nicht möglich. Das Auswechseln einer Dichtung in einem Klemmenkasten der Zündschutzart »Erhöhte Sicherheit« kann genauso eine Relevanz zum Explosionsschutz haben, wie das Bearbeiten von zünddurchschlagsicheren Spalten. Die Anforderungen an die Instandsetzung mit Relevanz für den Explosionsschutz wird in der Technischen Regel zur Betriebssicherheit TRBS 1201 Teil 3 konkretisiert:

Instandsetzung an Geräten, Schutzsystemen, Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 94/9/EG – Ermittlung der Prüfnotwendigkeit gemäß § 14 Abs. 6 BetrSichV.

In dieser TRBS befindet sich eine Beispielsammlung für die Abgrenzung zwischen allgemeinen Instandsetzungen ohne Relevanz für den Explosionsschutz und besonderen Instandsetzungen mit Relevanz für den Explosionsschutz.

Bei der folgenden, auf die jeweiligen Zündschutzarten bezogenen Darstellung der periodischen Prüfungen, Wartungsarbeiten und Instandsetzungsarbeiten, soll versucht werden, dem Betreiber geeignete Entscheidungshilfen zur Verfügung zu stellen.

### 3.3.8 Besondere Anforderungen an die Prüfung und Wartung bzw. Reparatur von druckfest gekapselten elektrischen Geräten

Geräte der Zündschutzart »Druckfeste Kapselungen« zeichnen sich dadurch aus, dass in ihrem Inneren Explosionen stattfinden können, eine Ausbreitung dieser Explosion auf die das Gerät umgebende explosionsfähige Atmosphäre jedoch durch konstruktive Maßnahmen verhindert wird. Dies wird zum einen dadurch gewährleistet, dass die Festigkeit der druckfesten Kapselung so groß ist, dass sie dem inneren Explosionsdruck sicher widerstehen kann, und zum anderen, dass die nach außen führenden Spalten so gestaltet sind (Länge und Breite), dass ein sich von innen nach außen bewegendes Funke oder eine Flammenfront während des Passierens des Spaltes so viel Energie verliert, dass, außen angekommen, die Restenergie nicht mehr ausreicht, die äußere Atmosphäre zu zünden. Außerdem wird durch eine Begrenzung der inneren Verlustleistung eine unzulässige Erwärmung der äußeren Gehäusewand verhindert.

Aus der Charakteristik des Schutzprinzips lässt sich die Zielsetzung für die Prüfungs-, Wartungs- und Reparaturtätigkeiten an druckfest gekapselten Betriebsmitteln ableiten:

- Das Gehäuse muss über die gesamte Lebensdauer des Betriebsmittels seine erforderliche Festigkeit behalten und

- > die Spaltabmessungen müssen entsprechend den Vorgaben aus der IEC 60079-1 erhalten bleiben.
- > Im Betriebsmittel muss die während des normalen Betriebes entstehende Verlustleistung unter dem durch die Prüfstelle bestimmten Maximalwert bleiben.

Bei der Betrachtung von elektrischen Geräten der Zündschutzart »Druckfeste Kapselung« kann in Bezug auf Prüfung, Wartung und Reparatur zwischen folgenden zwei Ausführungsvarianten unterschieden werden:

a) Vorwiegend aus Kunststoff gefertigte, dauerhaft verschlossene Geräte. In diese Gruppe fallen alle Geräte, deren Gehäuse beim Betreiber durch nicht lösbare Verbindungstechniken, wie z. B.

- > das Verschweißen,
- > das Vergießen mit Kunststoff oder
- > das Verkleben

geschlossen werden. Diese Geräte können beim Betreiber nur äußerlich überprüft werden. Eine Wartung oder gar Reparatur an den druckfest gekapselten Einrichtungen ist hier nicht möglich. Wartungs- oder Reparaturarbeiten sind lediglich an den in einer anderen Zündschutzart ausgebildeten Anschlußteilen möglich. Dies hat beispielsweise zur Konsequenz, dass Leistungsschalter, die einmal einen Kurzschluss in der Anlage abgeschaltet haben, auszutauschen sind, da man sich nicht vom Zustand der Schaltstücke überzeugen kann.

b) Druckfeste gekapselte Geräte, deren Gehäuse durch den Betreiber zu öffnen sind. Bei diesen Geräten ist ein weitaus höherer Umfang an Prüfungs- und Wartungsarbeiten erforderlich und möglich (Bild 10).



Bild 10: Druckfeste Steuerung

Bei den periodischen Prüfungen druckfest gekapselter elektrischer Geräte ist insbesondere auf Folgendes zu achten:

#### Äußerer Zustand des Gehäuses

Das Gehäuse eines druckfest gekapselten elektrischen Gerätes darf keinerlei sichtbare äußere Beschädigungen wie Risse, Beulen, Korrosionsstellen oder ähnliches aufweisen.

Insbesondere bei Kunststoffgehäusen ist darauf zu achten, dass keine Materialversprödungen, beispielsweise durch Einwirkung von bestimmten Chemikalien oder von UV-Bestrahlung, aufgetreten sind.

#### Zustand der zünddurchschlagsicheren Spalte

Alle zünddurchschlagsicheren Spalte (Flachspalte, Zylinderspalte, Gewindespalte) müssen sich in einem optisch einwandfreien Zustand befinden. Es dürfen keine Korrosionserscheinungen sichtbar sein. An Gewindespalten dürfen die Gewindegänge nicht beschädigt sein. Mindestens fünf einwandfreie Gewindegänge müssen sich im Eingriff befinden. Flachspalte dürfen ebenfalls keine sichtbaren mechanischen Beschädigungen aufweisen. Die Rauigkeit der Spaltoberflächen darf 6,3 µm mittlere Rautiefe nicht überschreiten. Im Zweifels-

fall kann dieser Wert sowie die anderen, den zünddurchschlagsicheren Spalt bildenden Maßnahmen nachgemessen und mit den Vorgaben aus der Baumusterprüfbescheinigung verglichen werden. Bei Unklarheiten ist der Hersteller des druckfesten Gehäuses direkt zu kontaktieren. Angerostete Spalte dürfen nicht durch Schleifmittel, Drahtbürsten oder andere harte Gegenstände mechanisch gereinigt werden, sondern nur auf chemischen Weg, z. B. mit reduzierenden Ölen wie ESSO, VARSOL o. ä. Zur Vermeidung von Korrosionsangriff sind die zünddurchschlagsicheren Spalte bei Metallgehäusen regelmäßig mit einem säurefreien Fett, z. B. OKS-Seewasserfest zu behandeln. Ein Korrosionsschutz durch Farbanstrich ist prinzipiell verboten.

### Überprüfung des Zustandes der Kabeleinführungen und Rohrleitungseinführungen

Es ist zu überprüfen, ob die verwendeten Kabeleinführungen für die Zündschutzart des Gehäuses geeignet sind (Gruppe IIA, IIB, IIC). Weiterhin ist der feste Sitz der Verschraubungen sowie der Zustand der Abdichtung innerhalb der Verschraubung zu überprüfen. Es ist zu beachten, dass bei Direkteinführungen in den Druckraum der Übergang von der Dichtung der Verschraubung zur äußeren Oberfläche der Kabel den Explosionsschutz an dieser Stelle sicherstellt. Alle nicht benutzten Öffnungen in der druckfesten Kapselung müssen durch zugelassene Verschlussstopfen verschlossen sein. Das gemeinsame Gewinde zwischen Gehäuse und Verschraubung bzw. Verschlussstopfen bildet genau wie bei den Einführungen einen zünddurchschlagsicheren Gewindespalt.

**Schauglasscheiben** sind ein besonders kritischer Bestandteil der druckfest gekapselten Gehäuse. Der Zustand dieser Glasscheiben ist bei der Überprüfung besonders sorgfältig zu begutachten. Tiefe Kratzer setzen die Bruchfestigkeit der Schauscheiben stark herab. Unter Einwirkung von größeren Temperaturschwankungen kann es dann sogar zum Selbstzerfall des Glases kommen. Dieser Effekt wird bei Anwesenheit von Feuchte auf der Oberfläche des Glases noch verstärkt. Da die Schauscheiben als integraler Bestandteil des druckfesten Gehäuses angesehen werden müssen, ist bei tiefen sichtbaren Kratzern oder anderen mechanischen Zerstörungen der Austausch der Schauscheiben die einzige Alternative.

Im Fall von metallischen Gehäusen ist der Zustand des **äußeren Anschlusses des Potentialausgleichsleiters** zu überprüfen.

Bei druckfest gekapselten Gehäusen, die durch den Betreiber geöffnet werden können, ist der **Innenraum des Gerätes** ebenfalls regelmäßig zu überprüfen. Zunächst ist dabei der Zustand der Dichtungen zu begutachten und anschließend der Innenraum zu überprüfen. Eingedrungene Feuchtigkeit oder Schmutz können zur Bildung von Kriechwegen auf der Isolierstoffoberfläche führen und somit Kurzschlüsse oder unzulässige Erwärmungen im Inneren des Gehäuses verursachen. Verschmutzungen und Feuchtigkeit im Inneren des Druckraumes sind sorgfältig zu beseitigen. Weisen Gehäusedichtungen Schäden auf, so sind sie umgehend auszutauschen. Weitere Prüfungs- und Wartungsarbeiten im Inneren des Druckraumes sind:

**Tabelle 4: Instandsetzung von d-Geräten**

Arbeitsinhalt	Prüfung nach § 14 (6) BetrSichV
Austausch innerer Geräte gemäß EG-Baumusterprüfbescheinigung	nein
Austausch druckfester Durchführungen von Schaltwellen oder ähnlichem gegen Original-Ersatzteile	ja
Austausch druckdichter Leitungsdurchführungen zwischen druckfestem Raum und Anschlussraum in Schutzart »Erhöhter Sicherheit« gegen Original-Ersatzteil	ja
Bearbeitung von Spaltflächen bei Einhaltung der Sollspaltabmessungen	ja
Einbau von Geräten, die nicht in der Baumusterprüfbescheinigung vermerkt sind	Als Instandsetzung nicht zulässig

- > Die Überprüfung der Isolation auf Schäden und auf Kriechspuren.
- > Die Überprüfung der Befestigung der eingebauten Geräte (mechanische Befestigung sowie Festigkeit der elektrischen Kontakte).

Nach Abschluss der Überprüfungs- und Wartungsarbeiten ist der Druckraum wieder sachgerecht zu verschließen. Bei Flachspaltgehäusen ist darauf zu achten, dass alle vorgesehenen Deckelbefestigungsschrauben fest angezogen sind. Bei einschraubbaren Deckeln ist der Deckel bis zur Anschlagsschraube in das Gehäuse einzudrehen und anschließend an der Anschlagsschraube zu fixieren (Bild 11). Treten während des Betriebes von druckfest gekapselten elektrischen Geräten Störungen auf oder werden während der Überprüfungen Mängel an diesen festgestellt, müssen die Geräte umgehend repariert werden. Dabei ist es prinzipiell möglich, dass Reparaturen an druckfest gekapselten elektrischen Geräten im Herstellerwerk oder durch Mitarbeiter des Herstellerwerks vor Ort durchgeführt werden. Eine Reparatur beim Betreiber ist ebenfalls möglich. Allerdings muss beachtet werden, dass Reparaturen oder Änderungsarbeiten, die den Explosionsschutz des Gerätes betreffen, einer Abnahme durch eine befähigte Per-


**Bild 11: Die Anschlagsschraube stellt das richtige Verschließen des d-Gehäuses sicher**

son nach § 14 (6) der BetrSichV bedürfen. Die folgende Übersicht enthält einige für die Zündschutzart »Druckfeste Kapselung« typische Reparatur- und Änderungsarbeiten sowie die notwendigen Prüfungen.

Selbstverständlich sind Veränderungen an der Wandung von Druckräumen sowie das Anbringen von zusätzlichen Bohrungen in Gehäusen von Druckräumen ausschließlich durch den Hersteller selbst bzw. unter Aufsicht einer zugelassenen Überwachungsstelle oder einer befähigten Person nach § 14 (6) BetrSichV durchzuführen.



Bild 12: Beispiel für Beschädigungen der Dichtlippe von Gehäusen

### 3.3.9 Besondere Anforderungen an die Prüfung und Wartung bzw. Reparatur von elektrischen Betriebsmitteln der Zündschutzart »Erhöhte Sicherheit«

Bei der Zündschutzart »Erhöhte Sicherheit« wird das Auftreten von zündfähigen Funken und Lichtbögen im Fall eines Fehlers und im Normalbetrieb durch spezielle konstruktive und technische Maßnahmen verhindert. Auch das Auftreten von heißen zündfähigen Oberflächen an einem beliebigen Teil innerhalb und außerhalb des Gehäuses wird mit einem hohen Maß an Sicherheit verhindert. Die wichtigsten Merkmale sind:

- > Die Gehäuse sind so gestaltet, dass das Eindringen von Feuchtigkeit und Schmutz in gefährbringenden Ausmaßen vermieden wird. So ist die IP-Schutzart IP 54 als Mindestforderung festgelegt, und die Gehäuse weisen eine hohe mechanische Festigkeit auf, die an die für Industrieanlagen typischen rauen Einsatzbedingungen angepasst ist. Selbst beim Einsatz unter extremen klimatischen Bedingungen muss das Gehäuse der Geräte eine ausreichend hohe Festigkeit besitzen, um auch nach starker mechanischer Krafteinwirkung IP 54 zu gewährleisten.

- > Im Inneren sind die Luft- und Kriechstrecken so dimensioniert, dass sich selbst unter rauen Umgebungsbedingungen keine Kurzschlüsse über Kriechwege bzw. Durchschläge bilden können.
- > Die elektrischen Kontaktstellen sind so gestaltet, dass ein unbeabsichtigtes Lösen der kontaktierten Leiter unmöglich ist.
- > Die elektrische Dimensionierung der Geräte sorgt dafür, dass sich keine unzulässigen Temperaturen im Inneren oder an Außenteilen des Gerätes bilden können.

Hieraus ergeben sich die Schwerpunkte für die periodische Prüfung der Geräte beim Betreiber:

#### Äußerer Zustand des Gehäuses:

Das Gehäuse ist regelmäßig Sichtkontrollen zu unterziehen. Dabei ist festzustellen, ob Löcher oder Risse entstanden sind, die ein Eindringen von Feuchtigkeit und Schmutz möglich machen. Nach Öffnen des Gerätes ist zu überprüfen, ob Schmutz oder Feuchtigkeit in das Innere gelangt ist. Das Dichtungssystem ist einer gründlichen Prüfung zu unterziehen. Es dürfen weder an der Dichtung Fehlstellen oder Versprödungen noch an der Dichtlippe mechanische Beschädigungen sichtbar sein (Bild 12).

**Die elektrischen Leitungen und die Kontaktstellen** im Inneren der Betriebsmittel sind regelmäßig auf Spuren von unzulässig hoher Wärmeeinwirkung zu untersuchen. Die Kontaktstellen sind regelmäßig auf ihre Festigkeit zu überprüfen. Ist ein Nachziehen von Schraubkontakten erforderlich, so hat dies unter Einhaltung der vom Hersteller vorgeschriebenen Anzugsdrehmomente zu geschehen.

**Die Prüfung der Einhaltung der zulässigen Maximaltemperaturen im Normalbetrieb** ist regelmäßig durchzuführen. Dies kann in den meisten Fällen durch einfache Tätigkeiten wie das Fühlen

mit der Hand erfolgen. Im Bedarfsfall können auch für den Ex-Bereich zugelassene Kontaktthermometer verwendet werden. Bewährt haben sich auch Temperaturindikatoren, die auf die Gehäuse aufgeklebt werden können. Ein weiterer effektiver Indikator ist die Verfärbung von Isolationsmaterial unter Wärmeeinwirkung. Die Einhaltung der laut Herstellerangabe zulässigen maximalen Umgebungstemperatur ist ebenfalls regelmäßig zu überprüfen (Bild 13).

### Überprüfung des Zustandes der Kabeleinführungen:

Die Kabeleinführungen müssen in der Verbindung mit den eingeführten Kabeln ebenfalls die Mindestanforderungen an die IP-Schutzart, d. h. IP 54, einhalten. Außerdem dienen sie zur Zugentlastung der im Inneren angeschlossenen Leitungen. Beides sollte durch Überprüfung der Festigkeit der Kabeleinführungsstelle (fester Sitz der Überwurfmutter) sowie durch eine Sichtprüfung der Verbindungsstelle zum Gehäuse und der Verbindungsstelle zwischen Kabeleinführung, Dichtung und Kabel sichergestellt werden. Für den Fall, dass nicht benutzte Öffnungen mit Verschlussstopfen verschlossen sind, ist die Dichtheit des Gehäuses an dieser Verbindungsstelle sowie der äußere Zustand der Verschlussstopfen zu überprüfen. Es dürfen nur bescheinigte Verschlussstopfen verwendet werden.

Hauptsächliche Wartungsarbeiten können sein:

- > das Reinigen des Innenraumes der Gehäuse,
- > das ordnungsgemäße Nachziehen der elektrischen Schraubverbindungen (Einhaltung der vorgegebenen Drehmomente) sowie
- > ggf. das Auswechseln von Dichtungen.

Beim Reinigen der äußeren Gehäuseoberflächen sind die Hinweise des Herstellers bezüglich der Notwendigkeit der Verwendung von feuchten

Lappen zu beachten. Diese Hinweise sind immer an Gehäusen angebracht, die einen hohen Oberflächenwiderstand aufweisen und somit beim Reinigen mit trockenen Tüchern elektrostatisch aufgeladen werden können. Elektrostatische Entladungen gehören zu den häufigsten Zündquellen bei Explosionen.

Die Wicklungen von Motoren der Zündschutzart »Erhöhte Sicherheit« sind mit geeigneten Einrichtungen geschützt, um sicherzustellen, dass die Grenztemperatur nicht überschritten werden kann. Deshalb ist eine Überprüfung erforderlich, ob die Auslösezeit der Schutzeinrichtung nicht größer ist als die auf dem Leistungsschild des Motors angegebene Zeit  $t_E$ . In Abhängigkeit von Erfahrungswerten kann es erforderlich sein, bei Erst- und Wiederholungsprüfungen die Auslösezeit durch Strominjektion zu messen.

Die Möglichkeit von Reparaturen an Betriebsmitteln dieser Zündschutzart beim Betreiber ist eher gegeben als bei Betriebsmitteln der Zündschutzart »Druckfeste Kapselung«. Die jeweiligen Befugnisse sowie die notwendigen Prüfungen können Tabelle 3 auf Seite 30 entnommen werden:



Bild 13: Standardumgebungstemperatur (-20°C...+40°C)

Tabelle 5: Instandsetzung von e-Geräten

Arbeitsinhalt	Prüfung nach § 14 (6) BetrSichV
Austausch von Klemmen gemäß EG-Baumusterprüfbescheinigung	nein
Austausch von Deckelschrauben und Dichtungen	nein
Auswechseln von baumustergeprüften Geräten	nein
Auswechseln nicht baumustergeprüfter Geräte	als Instandsetzung nicht zulässig
Leuchten der Zündschutzart »Erhöhte Sicherheit«	
Austausch der Wanne oder des Schutzglases bei Verwendung von Original-Ersatzteilen	nein
Austausch baumusterbescheinigter Lampenfassungen und Verriegelungsschalter	nein
Austausch von Vorschaltgeräten gem. EG-Baumusterprüfbescheinigung	nein
Austausch von Vorschaltgeräten, die nicht in der EG-Baumusterprüfbescheinigung vermerkt sind	als Instandsetzung nicht zulässig
Austausch der Innenverdrahtung	ja

### 3.3.10 Besondere Anforderungen an die Prüfung und Wartung bzw. Reparatur von eigensicheren elektrischen Geräten

Das Grundprinzip der »Eigensicherheit« besteht in der sicheren Begrenzung der elektrischen Energie im Stromkreis auf Werte, die unter der Mindestzündenergie einer explosionsfähigen Atmosphäre liegen. Außerdem wird die Erwärmung im Stromkreis auf ein ungefährliches Maß begrenzt. Dies geschieht durch eine Limitierung der Strom- und Spannungswerte und der Energiespeichermöglichkeiten in Kondensatoren und Induktivitäten. Geräte der Zündschutzart »Eigensicherheit« sind nicht für sich allein explosionsgeschützt, wie dies beispielsweise bei druckfest gekapselten Geräten oder vergussgekapselten Geräten der Fall ist. Diese Zündschutzart muss daher immer für den gesamten betrachteten Stromkreis überprüft werden.

Es ist regelmäßig zu überprüfen, ob die logische Kette zwischen der Zoneneinteilungen der Anlage, der Dokumentation für die eigensicheren Stromkreise und den installierten eigensicheren Geräten selbst richtig aufeinander abgestimmt und passend ist.

Eine eindeutige Trennung zwischen eigensicheren und nicht eigensicheren Stromkreisen ist erforderlich. Daher müssen eigensichere Stromkreise immer eindeutig gekennzeichnet sein. In der Regel geschieht dies durch die Wahl von hellblauen Leitungen und Stopfbuchsverschraubungen sowie durch entsprechende Hinweisschilder an wichtigen Stellen der Geräte und Anlagen. Es ist periodisch zu überprüfen, dass die Kennzeichnung in der erforderlichen Qualität und im erforderlichen Ausmaß vorhanden ist.

Die eigensicheren Stromkreise in den Anlagen sind darauf zu überprüfen, ob in der Zwischenzeit keine unzulässigen und undokumentierten Veränderungen vorgenommen wurden.

Es ist zu überprüfen, ob die Energiebegrenzungseinrichtungen wie Trennstufen, Remote I/O Stationen oder Feldbuskomponenten dem bestätigten Typ entsprechen und in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Prüfstelle bzw. des Herstellers installiert wurden. Insbesondere ist auf die richtige und sichere Erdung bei den Geräten zu achten, für die dies aus Sicherheitsgründen erforderlich ist (Sicherheitsbarrieren).

Wesentlich für den Erhalt der Eigensicherheit in



den betreffenden Stromkreisen ist die sichere Trennung der eigensicheren von den nicht eigensicheren Stromkreisen. Dies wird durch die Einhaltung von bestimmten Mindestabständen, durch eine ausreichende Isolation oder durch die Verwendung von metallischen und geerdeten Schirmen gewährleistet. Es ist regelmäßig zu überprüfen, ob die erforderlichen Mindestabstände eingehalten sind, ob benachbarte nicht eigensichere und eigensichere Leitungen keine Beschädigungen an der Isolation aufweisen und ob die Metallschirme sich in einem ordentlichen Zustand befinden und sicher geerdet sind.

Für bestimmte Komponenten innerhalb von eigensicheren Systemen, wie z. B. Sicherheitsbarrieren, ist eine Erdung wichtiger Bestandteil der Zündschutzart. Diese Erdung darf nur an einem Punkt des eigensicheren Stromkreises erfolgen, um eine Verschleppung unzulässig hoher Spannungen aus dem nicht eigensicheren Bereich zu vermeiden. Andere eigensichere Komponenten müssen isoliert gegen Erde aufgebaut werden. Es ist erforderlich, sowohl das Vorhandensein der notwendigen Erdverbindungen als auch die Gewährleistung ausreichend hoher Isolationswiderstände gegen Erde regelmäßig zu überprüfen. Die Isolationsprüfung eigensicherer Systeme oder Schaltkreise darf nur mit einem Prüfgerät durchgeführt werden, das speziell für die Verbindung solcher Systeme und Schaltkreise zugelassen ist. Um diese Prüfungen durchzuführen, muss die bestimmungsgemäße Erdverbindung getrennt werden. Das kann nur dann geschehen, wenn für die Anlage keine Gefahr besteht oder die Spannung vollständig abgeschal-

tet ist. Solche Bedingungen sind bei modernen integrierten Systemen nur im Fall größerer Ganzabschaltungen der Anlagen möglich. Die Prüfung ist daher nur auf Grundlage einer Stichprobe erforderlich.

---

### 3.3.11 Weitere wichtige Prüf- und Wartungsmaßnahmen

---

Im Folgenden sind noch weitere wichtige Prüf- und Wartungsmaßnahmen aufgeführt, die sowohl allgemein zur Aufrechterhaltung des Explosionsschutzes als auch zur Gewährleistung der allgemeinen Sicherheit der Geräte und Anlagen erforderlich sind:

#### Messen von Isolationswiderständen und Durchgangswiderständen

Diese notwendigen Prüfungen dürfen in den Anlagen nur mit einem entsprechenden Erlaubnisschein (Feuerschein, Heiarbeitsgenehmigung) durchgeführt werden, da die verfügbaren Meßgeräte in der Regel nicht den Anforderungen der Zündschutzart »Eigensicherheit« entsprechen.

Es ist außerdem grundsätzlich verboten, die zu überprüfenden elektrischen Geräte während der Anwesenheit von explosionsfähiger Atmosphäre zu ffnen.

Die notwendigen Messungen in den Anlagen können wie folgt gegliedert werden:

**Messung des Isolationswiderstandes**

Durch diese Messungen wird festgestellt, ob der Isolationswiderstand den für die einzelnen Arten von Anlagen jeweils geforderten Mindestwerten entspricht. Bei Ex-»e«-Motoren ist so beispielsweise regelmäßig der Isolationswiderstand der Wicklung zu überprüfen. Dabei sind die von den Motorenherstellern vorgegebenen Richtwerte einzuhalten. Bei Bedarf sind die Wicklungen zu reinigen und zu trocknen.

**Messung des Schleifenwiderstandes in TN-Netzen**

Damit wird die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag festgestellt.

**Überprüfung des Potentialausgleichs**

Wenn der richtige Anschluß der Potentialausgleichsleiter nicht eindeutig durch eine Inaugenscheinnahme festgestellt werden kann, empfiehlt sich eine Messung. Dazu sollte ein Isolationsmessgerät mit einer Messspannung in Höhe der Netzspannung oder mit 500 V Gleichspannung benutzt werden, da einfache Durchgangsprüfer mit ihren kleinen Messspannungen hohe Übergangswiderstände vortäuschen können.

**Funktionsprüfung an sonstigen Sicherheitseinrichtungen**

In Anlagen vorhandene Fehlerstromschutzschalter müssen ebenfalls regelmäßig auf ihre Funktion überprüft werden. Die Funktionsprüfung umfasst auch andere Überwachungsorgane wie beispielsweise Temperaturbegrenzer.

**Wartung und Überprüfung von Lagern elektrischer Maschinen**

Zur Vermeidung von unzulässigen Erhitzungen sind die Lager von elektrischen Maschinen regelmäßig gemäß den Herstellerangaben zu schmieren. Bei

der periodischen Überprüfung ist auf einen schwingungsarmen Lauf und auf unnormale Lagergeräusche zu achten.

**Überprüfung des Alters der Geräte**

Es ist regelmäßig zu überprüfen, ob die vom Hersteller vorgegebene Lebensdauer der Betriebsmittel nicht überschritten ist. Diese wird bei Schaltgeräten beispielweise in Form der Angabe der maximalen Schaltspiele bezogen auf ein definiertes Betriebsregime vorgegeben. Dabei geht es nicht nur um die mechanische Abnutzung der Kontakte, sondern vorrangig um den Abbrand des Kontaktmaterials, welches sich im Inneren der Schaltkammern ablagert und so die Isolationseigenschaften und Kriechstrecken verringert. Da man dies in der Regel nicht begutachten oder gar rückgängig machen kann, bleibt nur das konsequente Auswechseln nach Erreichen einer bestimmten Lebensdauer.

Neben den regelmäßig durchzuführenden Messungen und Prüfungen sind auch regelmäßige Reinigungs- und Wartungsarbeiten in den Anlagen – unabhängig von Zündschutzart der Geräte – erforderlich. Beispielsweise können zu starke Ablagerungen von Staub und Schmutz auf dem Gehäuse der Geräte zu unzulässigen Temperaturen am Gerät führen oder die Zündtemperatur des Staubes selbst kann überschritten werden und so zu einer Explosion führen. Unzulässige Verschmutzung an explosionsgeschützten elektrischen Geräten können weiterhin zum Festfressen oder Festklemmen von Antrieben, z. B. an Schaltelementen, Endschaltern, Hauptschaltern oder Sicherheitsschaltern führen. Sie führen zu warmlaufenden Lagern und somit zu gefährlichen Heipunkten.



## 4. Zusammenfassung

Die Sicherheit in einer Anlage hängt wesentlich von der Verwendung geeigneter Arbeitsmittel und von der Qualifikation des Personals ab. Sichere elektrische Betriebsmittel haben in Deutschland und vielen anderen Ländern Europas eine lange Tradition. Gleiches gilt für die organisatorischen und technischen Maßnahmen, die in explosionsgefährdeten Bereichen angewendet werden und deren Wirksamkeit durch das Ausbleiben größerer Explosionsunfälle nachweisbar ist.

Mit dem Inkrafttreten der beiden Richtlinien 94/9/EG und 1999/92/EG wurden die wesentlichen Elemente dieser bewährten Praxis übernommen, weiterentwickelt und auf ein europäisches Niveau gehoben.

Zur Aufrechterhaltung des hohen Sicherheitsniveaus ist es erforderlich, dass es auch in Zukunft gelingt, die enge Zusammenarbeit von Herstellern, Prüfstellen und Betreibern zu gewährleisten. Aufseiten der Betreiber ist es erforderlich, eine bestimmte technische Kompetenz aufrechtzuerhalten, um auch in Zeiten der allgemeinen Kostensenkungen in der Lage zu sein, sicherheitskritische Betriebsmittel richtig auszuwählen, zu installieren und zu betreiben. Das bei der Auslieferung vom Hersteller garantierte Sicherheitsniveau muss durch geeignete Prüfungs- und Wartungsmaßnahmen über die gesamte Produktlebensdauer aufrechterhalten werden. Dies ist eine Aufgabe des Betreibers. Ein Mindestmaß an Fachwissen dafür zu vermitteln, das ist das Anliegen dieser Broschüre. Da sie von den gesammelten Erfahrungen aus der Praxis lebt, sind wir sehr an Ihren Meinungen und Anregungen zur Verbesserung interessiert. Bitte teilen Sie uns diese mit!

E-Mail: [info.ex@stahl.de](mailto:info.ex@stahl.de)

### 5. Literaturverzeichnis

Richtlinie 94/9/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 100/1

Explosionsschutzverordnung – Verordnung über das Inverkehrbringen von Geräten und Schutzsystemen für explosionsgefährdete Bereiche – 11. GPSGV vom 12.12.1996 Bundesarbeitsblatt 3/97 S. 80-82

Richtlinie 1999/92/EG über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können...  
16.12.1999, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L23/57-64

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger

Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (BetrSichV)

Technisch Regeln für Betriebssicherheit TRBS, [www.baua.de](http://www.baua.de)

Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit,  
Explosionsschutz-Regeln (Ex-RL) – BRG 104  
Fachausschuss »Chemie« der BGZ

Dyrba  
Kompendium Explosionsschutz  
Carl Heymanns Verlag

Pester  
Explosionsschutz elektrischer Anlagen – Fragen und Antworten (3. aktualisierte Auflage)  
ISBN 978-3341015261

Explosionsschutz –  
Antworten auf häufig gestellte Fragen  
Merkblatt T049 (BGI 5027)  
[www.bgchemie.de/medienshop](http://www.bgchemie.de/medienshop)

Explosionsschutz an Maschinen –  
Antworten auf häufig gestellte Fragen  
Merkblatt T050 (BGI/GUV-I 8612)  
[www.bgchemie.de/medienshop](http://www.bgchemie.de/medienshop)

Elektrostatik –  
Antworten auf häufig gestellte Fragen  
Merkblatt T051 (BGI/GUV-I 8613)  
[www.bgchemie.de/medienshop](http://www.bgchemie.de/medienshop)

Brennbare Flüssigkeiten –  
Antworten auf häufig gestellte Fragen  
Merkblatt T053 (BGI/GUV-I 8615)  
[www.bgchemie.de/medienshop](http://www.bgchemie.de/medienshop)

Brennbare Stäube –  
Antworten auf häufig gestellte Fragen  
Merkblatt T054 (BGI/GUV-I 8616)  
[www.bgchemie.de/medienshop](http://www.bgchemie.de/medienshop)

IEC 60079 Teil 0 bis 31  
Explosive atmospheres  
[www.iec-normen.de](http://www.iec-normen.de)



IEC 61241 Teil 0 bis 18  
Electrical apparatus for use in the presence of  
combustible dust  
[www.iec-normen.de](http://www.iec-normen.de)

EN 60079 Teil 0 bis 31  
Explosionsfähige Atmosphäre  
[www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de)

EN 61241 Teil 0 bis 18  
Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Be-  
reichen mit brennbarem Staub  
[www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de)

EN 60529  
Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)  
[www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de)

EN 13463 Teil 1 bis 8  
Nicht elektrische Geräte für den Einsatz in explo-  
sionsgefährdeten Bereichen  
[www.din.de](http://www.din.de)

Grundlagen Explosionsschutz  
R. STAHL Schaltgeräte GmbH

Fährlich, Mattes  
Explosionsschutz,  
Kommentar zur ExVO und BetrSichV,  
Erich Schmidt Verlag, Berlin

Fährlich, Mattes  
Die Betriebssicherheitsverordnung,  
Erich Schmidt Verlag  
ISBN 978-3503093823

Brandes, Möller  
Sicherheitstechnische Kenngrößen  
Band 1: Brennbare Flüssigkeiten und Gase  
Wissenschaftsverlag NW, Verlag für neue  
Wissenschaft GmbH  
ISBN 978-3897017450

Molnarne, Schendler, Schröder  
Sicherheitstechnische Kenngrößen:  
Band 2: Explosionsbereiche von Gasgemischen  
Wissenschaftsverlag NW, Verlag für neue  
Wissenschaft GmbH  
ISBN 978-3897018563

Greiner u.a.  
Elektroinstallation und Betriebsmittel in  
explosionsgefährdeten Bereichen  
de-Verlag  
ISBN 978-3810102355

Wettingfeld  
Explosionsschutz nach DIN VDE 0165 und  
Betriebssicherheitsverordnung  
VDE-Schriftenreihe 65  
ISBN 978-3800730124



R. STAHL  
Am Bahnhof 30, 74638 Waldenburg  
Telefon +49 7942 943-0  
Telefax +49 7942 943-4333

➔ [www.stahl.de](http://www.stahl.de)

