



# STAUB

## explosionsgefährdete Bereiche

Themenbroschüre Nr. 0006



# SAMCON

Prozessleittechnik GmbH

Titel:	Staubexplosionsgefährdete Bereiche
Doc.- Id.	210531-TAU-SS-Staubexplosionsgefährdete Bereiche.docx
Verfasser:	Dipl.-Ing. Steffen Seibert
Erstellt:	01.Juni 2021 / rev.01
URL:	<a href="http://www.samcon.eu">www.samcon.eu</a>

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Was führt zur Explosion?</b> .....	<b>3</b>
2.1	Ex-Zonen.....	5
2.2	Ex-Geräte .....	6
2.3	Das Explosionsrisiko .....	8
<b>3</b>	<b>Staubgruppen versus Gerätegruppen</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Heiß und fettig staubig!</b> .....	<b>12</b>
4.1	Umgebungstemperatur.....	12
4.2	Zündtemperatur.....	12
4.3	Glimmtemperatur.....	13
4.4	Maximale Oberflächentemperatur der Geräte .....	14
<b>5</b>	<b>Was ist zu tun?</b> .....	<b>16</b>
5.1	Staub vermeiden .....	16
5.1.1	Putzen, putzen, putzen! .....	17
5.1.2	Absauganlagen für brennbare Stäube .....	18
5.1.3	Freiblasvorrichtungen.....	19
5.2	Zündquellen vermeiden.....	21
5.2.1	Richtiges Geräteschutzniveau auswählen .....	21
5.2.2	Richtige Gerätegruppe auswählen .....	22
5.2.3	Temperaturen beachten .....	22
<b>6</b>	<b>Sonstiges</b> .....	<b>23</b>
6.1	Staub und/oder Gas? .....	23
6.2	Weiterführende Links .....	23
6.3	Abschließende Bemerkung .....	23

## Abbildungsverzeichnis

Tab. 2-1:	Zonen versus Geräte.....	7
Bild 2-1:	Explosionsrisiko korrekte Geräteauswahl .....	8
Bild 2-2:	Explosionsrisiko „falsche“ Geräteauswahl .....	9
Tab. 3-1:	Staubgruppen.....	10
Tab. 3-2:	Gerätegruppen gegen Staubgruppen.....	11
Bild 4-1:	Prüfung der Glimmtemperatur .....	13
Bild 5-1:	Staubfilter .....	16
Bild 5-2:	Staubablagerung .....	17
Bild 5-3:	Absaugvorrichtung für Zone 22 .....	18

## 1 Einführung

Dieses Dokument richtet sich in erster Linie an Betreiber und Errichter von staubexplosionsgefährdeten Anlagen. Es soll den Einstieg in die Staub-Thematik erleichtern, auf Gefahren hinweisen und anhand von Praxisbeispielen sinnvolle Projektierungsvorschläge machen. Das vorliegende Dokument erhebt, trotz gründlicher Recherche und langjähriger Erfahrung, keinen Anspruch auf Richtigkeit oder Vollständigkeit, sondern dient der Orientierung.

Es soll so wenig wie möglich auf die Rechtsgrundlagen eingegangen werden, da dies zum einen ein trockenes Thema ist, zum anderen ist es wichtiger technisch zu erklären, warum manche Dinge sinnvoll sind und andere eben nicht. Zudem sind die rechtlichen Grundlagen, trotz aller Bemühungen diese international zu harmonisieren, nach wie vor „Ländersache“. Eine lückenlose Ausarbeitung zu den Rechtsgrundlagen würde daher den Rahmen dieser Ausarbeitung sprengen.

## 2 Was führt zur Explosion?

Eine Explosion kommt zu Stande, wenn ein explosionsfähiges Gemisch und ein zündfähiger Funke zur gleichen Zeit und am gleichen Ort auftreten. Diese Aussage soll an einem Beispiel aus dem gasexplosionsgefährdeten Bereich veranschaulicht werden:

*Frau Müller tankt an einer Tankstelle Benzin. Hierbei entsteht eine Benzinwolke, technisch ausgedrückt ein „explosionsfähiges Benzin-Luft Gemisch“. Diese Benzinwolke kommt an einer bestimmten Stelle vor, sagen wir an Zapfsäule 3, wo Frau Müller tankt. Da Frau Müller um Punkt 10:00 tankt existiert besagte Benzinwolke auch nur von 10:00 bis 10:02. Vor 10:00 war die Benzinwolke noch in Frau Müllers Tank und nach 10:02 hat sich die Benzinwolke so mit der Luft vermischt, dass von ihr keine Gefahr mehr ausgeht.*

*Herr Meier raucht. Das ist in normaler Atmosphäre schon ungesund. Rauchen in einer Benzinwolke kann ziemlich tödlich sein. Versetzen wir uns wieder in die Benzinwolke an Zapfsäule 3. Solange Herr Meier an Zapfsäule 1 oder 2 raucht interessiert das unsere Benzinwolke an Zapfsäule 3 wenig. Auch wenn Herr Meier an Zapfsäule 3 raucht, bevor unsere Benzinwolke existiert (also vor 10:00 und nach 10:02) interessiert das unsere Benzinwolke nicht: Da sie nicht existiert passiert auch nichts.*

*Nur wenn Herr Meier mit seiner Zigarette zwischen 10:00 und 10:02 an Zapfsäule 3 in unserer Benzinwolke raucht dann knallt es. Es kommt zu einer „Gasexplosion“.*

Wer dieses Beispiel nachvollziehen kann hat schon einen wesentlichen Grundgedanken des Explosionsschutzes verstanden: Es geht um die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens von explosionsfähigem Gemisch mit einer Zündquelle am gleichen Ort. Oder anders formuliert:



Je wahrscheinlicher es ist, dass zündfähiges Gemisch und zündfähiger Funke „sich treffen“ desto wahrscheinlicher kommt es zur Explosion.

Mit brennbaren Stäuben verhält es sich sehr ähnlich. Hier ein Beispiel für Staubexplosionsgefahr:

*Herr Meier und Frau Müller haben ihre Autos explosionsfrei vollgetankt und fahren zur Arbeit. Herr Meier ist als Elektriker in der gleichen Getreidemühle beschäftigt wie Frau Müller, welche dort als Anlagenführerin arbeitet. Die moderne Mühle verfügt über einen Mehl-Silo, welcher nur gelegentlich mit der Überproduktion von Mehl befüllt wird. Dummerweise ist am Vortag die Glühbirne im Mehl-Silo kaputt gegangen. Herr Meier hat den Auftrag die Glühbirne zu wechseln, was er auch schon häufig erfolgreich gemacht hat.*

*Als er um 11:00 die Birne wechseln möchte denkt er sich nichts dabei, dass „so viel Staub in der Luft ist“. Frau Müller hatte erst um 10:55 frisches Mehl in den Silo geleitet und damit ordentlich „Staub aufgewirbelt“. Das Auswechseln der Glühbirne überlebt Herr Meier nicht. Der Funke, der beim Eindrehen der Lampe in ihren Sockel entsteht, zündet den Mehlstaub und es kommt zu einer folgenreichen Mehlstaubexplosion.*

Auch hier wird klar: Die Wahrscheinlichkeit für das gleichzeitige Auftreten von explosionsfähigem Gemisch (Mehlstaub) und Zündquelle (elektrischer Funke) ist ein sehr guter Indikator für die Wahrscheinlichkeit einer Explosion:

Mehlstaub ohne Funken: Kein Problem.

Funken ohne Mehlstaub: Kein Problem.

Mehlstaub mit Funken: Bum!

Hieraus folgt ein wichtiger Gedanke, welcher quasi der Grundgedanke zur Auswahl geeigneter Gerätetechnik ist:



Je wahrscheinlicher das Vorhandensein eines explosionsfähigen Gemisches ist – z.B. unser Mehlstaub oder die Benzinwolke – desto sicherer sollte die installierte oder mitgeführte Gerätetechnik sein!

Installierte oder mitgeführte Gerätetechnik, was bedeutet das genau? In den allerhäufigsten Fällen werden zündfähige Funken durch installierte Gerätetechnik, in unserem Staub-Beispiel die Lampe, oder durch mitgeführte Gerätetechnik, in unserem Tankstellenbeispiel die Zigarette, erzeugt. Wäre die Lampe im Mehl-Silo „sicherer“ gewesen, z.B. mit einer integrierten Spannungsfreischaltung, wäre Herr Müller noch am Leben. Für explosionsgefährdete Bereiche gibt es zwei bedeutende Begriffe: Ex-Zonen und Gerätegruppen.

## 2.1 Ex-Zonen

Wie aus den vorausgegangenen Beispielen klar wird, ist es sinnvoll explosionsgefährdete Bereiche anhand von Wahrscheinlichkeit einzuteilen, in denen es dort ein explosionsfähiges Gemisch gibt. Ob diese Einteilung aus 2 Stufen, oder - gewöhnen wir uns lieber direkt den Begriff Zonen an - 5 Zonen besteht ist rein willkürlich. Auch ob die „niedrigste“ Zone oder die „höchste“ Zone die gefährlichste Zone ist haben kluge Leute vor langer Zeit willkürlich festgelegt. Heute wird die Staubexplosionswahrscheinlichkeit in vier Zonen definiert, wobei die „Zonenfreiheit“, also der sichere Bereich, mitgezählt wird<sup>1</sup>:

- Zone 20 ist richtig gefährlich! Hier ist ständig, über lange Zeiträume oder häufig explosionsfähige Atmosphäre in Form einer explosionsfähigen Staubwolke vorhanden!
- Zone 21 ist gefährlich! Hier ist gelegentlich explosionsfähige Atmosphäre in Form einer explosionsfähigen Staubwolke vorhanden!
- Zone 22 ist nicht so gefährlich. Hier ist nicht oder aber nur kurzzeitig explosionsfähige Atmosphäre in Form einer explosionsfähigen Staubwolke vorhanden!
- Sicherer Bereich ist ungefährlich. Es kommt NIE zu einer explosionsfähigen Staubwolke. Ein solcher Bereich wird als „sicherer Bereich“ oder als „zonenfreier Bereich“ bezeichnet.

Der schwammige Begriff „häufig“ wird meistens im Sinne von „zeitlich überwiegend“ interpretiert. Konkrete Festlegungen sind hier schwer, in der Praxis kämpft man hier häufig mit dem Bezugszeitraum. Der Bezugszeitraum kann z.B. von der Art der Anlage abhängen. So würde man für ein Mehl-Silo, das ständig befüllt werden würde, 24/7 als Bezugszeitraum wählen: Im Silo würden folglich mehr als 12 Stunden am Tag zündfähige Mehlwolken vorherrschen, was in einer Einstufung in Zone 20 resultieren würde. Eine Anlage, die 6 Tage pro Woche spannungsfrei und sicher wäre und nur an einem Tag in der Woche, sagen wir für 8 Stunden am Tag, in Betrieb wäre, würde auf diesen Bezugszeitraum hin bewertet werden. Hier würde es vermutlich reichen einen Ort als Zone 0 zu definieren, wenn an 4 der 8 Stunden dort eine zündfähige Atmosphäre vorherrschen würde. Als „Normalbetrieb“ gilt der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden. Meistens wird der Begriff „kurzzeitig“ mit einer Zeitdauer von maximal 30 Minuten übersetzt. Auch hier ist der Bezugszeitraum schwierig, da sich die 30 Minuten in der Regel auf Anlagen im 24/7 Betrieb beziehen.

---

<sup>1</sup> Z.B.: Anhang 1 Nr. 1.6 und 1.7 Gefahrstoffverordnung oder Richtlinie 1999/92/EG

## 2.2 Ex-Geräte

Wir haben jetzt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens explosionsfähiger Staubatmosphären in Zonen eingeteilt und wir wissen jetzt, dass ein Spaziergang mit brennender Zigarette durch Zone 20 deutlich häufiger zum Tode führt, als ein Nikotinausflug in Zone 22. Aber was heißt das für die Gerätetechnik, also die potentiellen Zündquellen, die dort installiert werden sollen? Nach welchen Kriterien werden diese ausgesucht?

So sicher wie möglich?

Dem ersten Impuls folgend würde man sagen: So sicher wie möglich? Aber was heißt dies? Jedes Gerät kann einen Fehler entwickeln, der gefährlich werden kann, dies wiederum führt zu der Frage, wie viele signifikante Fehler man bei der Konstruktion des Gerätes ausschließen soll. Einen Fehler? Zwei? 50? So sicher wie möglich ist schwer zu definieren.

So sicher wie nötig?

Im weiteren Ansatz ergibt es Sinn sich darüber Gedanken zu machen, was es braucht, ein Gerät nicht so sicher wie möglich, sondern so sicher wie nötig zu bauen. Dieser Ansatz führt zurück zu einer wichtigen Überlegung aus den vorherigen Kapiteln:



Je wahrscheinlicher das Vorhandensein eines explosionsfähigen Gemisches ist – z.B. unser Mehlstaub oder die Benzinwolke – desto sicherer sollte die installierte oder mitgeführte Gerätetechnik sein.

Oder anders formuliert:

Ständig vorherrschende Ex- Atmosphäre (Zone 20) erfordert extrem sichere Geräte.

Gelegentlich vorherrschende Ex- Atmosphäre (Zone 21) erfordert sehr sichere Geräte.

Nur kurzzeitig vorherrschende Ex-Atmosphäre (Zone 22) erfordert sichere Geräte.

Bei nie vorherrschender Ex-Atmosphäre ist die Gerätetechnik egal.

Am besten stellt man sich die Geräte als „Gegenspieler“ der Ex-Atmosphäre vor. Je gefährlicher die Ex-Atmosphäre ist, desto sicherer muss das Gerät sein, wobei die Gefährlichkeit der Ex-Atmosphäre hierbei mit der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens gleichzusetzen ist (zu Staubklassen und Temperaturen kommen wir später). Da die Geräte mit ihrer Sicherheit quasi auf die Zonen „reagieren“, ist es durchaus sinnvoll jeder festgelegten Zone ein festgelegtes „Geräteschutzniveau“ gegenüberzustellen. Unterschiedlich „viele“ Angreifer erfordern unterschiedlich „viele“ Verteidiger. Wenn wir uns an die oben genannten Formulierungen halten brauchen wir:

Extrem sichere Geräte um gegen Zone 20 ins Feld zu ziehen

Sehr sichere Geräte gegen die Zone 21

Sichere Geräte genügen im Kampf gegen Zone 22

Und jedes Gerät ist o.k., wenn wir zonenfrei sind.

Die Autoren von Normen und Richtlinien sprechen nicht von „extrem sicheren Geräten“, deswegen hier eine Übersetzung:

	<i>Verständlich ausgedrückt</i>	Sagen die Europäer	Sagen die internationalen Normengeber
		Geräteklasse nach RL 2014/34/EU	Geräteschutzniveau <sup>2</sup> nach IEC 60079-0
Zone 20 braucht	<i>.. extrem sichere Geräte</i>	D1	Da
Zone 21 braucht	<i>.. sehr sichere Geräte</i>	D2	Db
Zone 22 braucht	<i>.. sicher Geräte</i>	D3	Dc
Zonenfrei braucht	<i>..was auch immer</i>	-	-

Tab. 2-1: Zonen versus Geräte

---

<sup>2</sup> Englisch: Equipment Protection Level (EPL)

## 2.3 Das Explosionsrisiko

Stellt man das „Battle“ der Gerätetechnik gegen die Ex-Zone grafisch dar, so kann man einen Risikografen erstellen (siehe unten). Am besten stellt man sich die unteren Balken „gefüllt mit Ex-Atmosphäre“ vor. Je wahrscheinlicher diese ist, desto höher sind die Balken. So ist der Zone-20-Balken höher als der Balken für Zone 21 und dieser wiederum höher als der für Zone 22.

„Gegenspieler“ sind die Geräte. Deren Balken sind mit „möglichen Fehlern“ gefüllt, je mehr Fehler ein Gerät haben kann, desto länger ist der Balken.

Bei richtig ausgewählter Gerätetechnik sieht man auf den ersten Blick: Das Explosionsrisiko bleibt konstant. Installiert man in Zone 22 Geräte mit dem Geräteschutzniveau Dc, so ergibt sich dasselbe Explosionsrisiko, wie wenn man in Zone 20 Da-Equipment installiert.

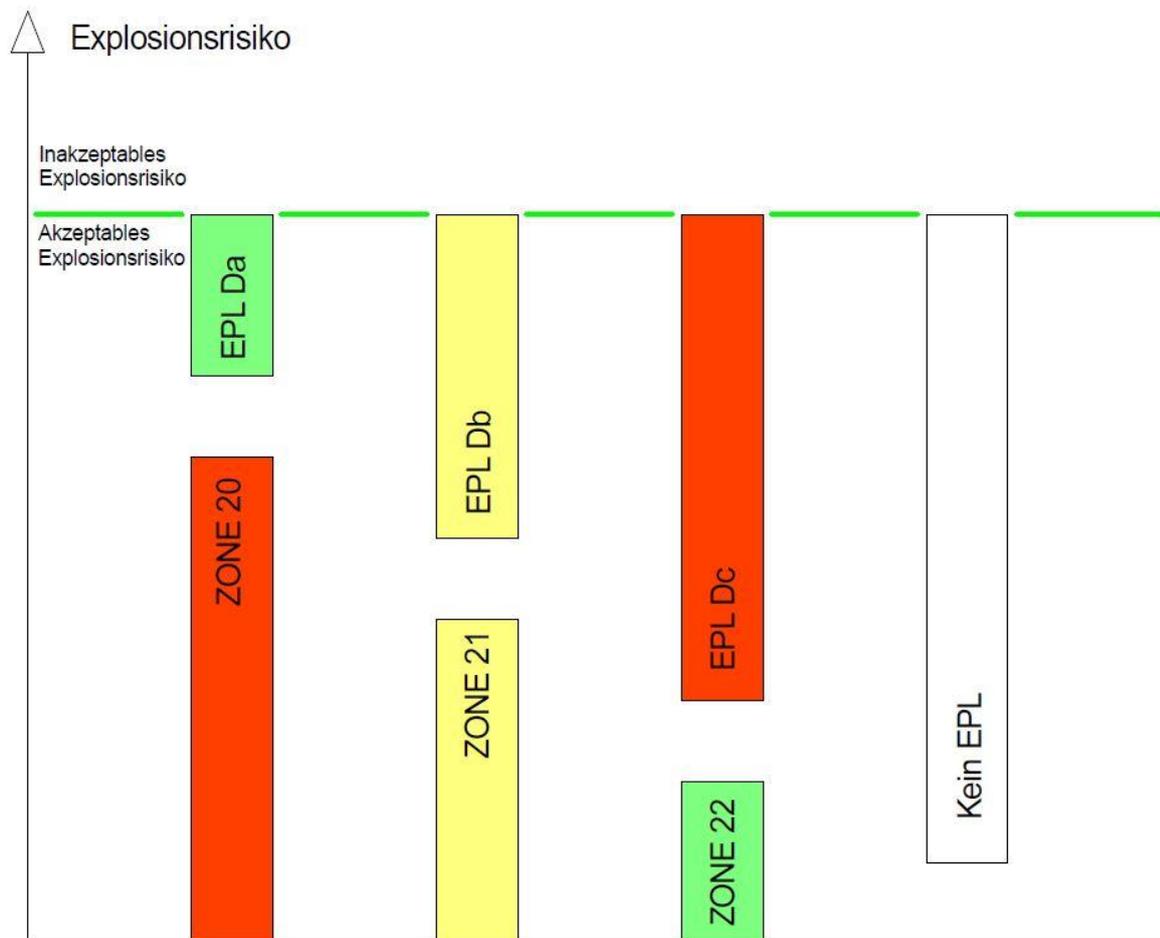


Bild 2-1: Explosionsrisiko korrekte Geräteauswahl

Mit dem Grafen für das Explosionsrisiko wird nicht nur die „korrekte“ Geräteauswahl dargestellt, sondern es wird auch sehr schön veranschaulicht, was geschieht, wenn von

der „korrekten“ Geräteauswahl abgewichen wird. Tauschen wir gedanklich die „Geräte-Gegenspieler“ gegen Zone 21 bzw. gegen Zone 22 (siehe Risikograf unten). Auf den ersten Blick sieht man, dass sich aus dem Zusammenspiel von Zone 21 und Geräteschutzniveau Gc ein erhöhtes Explosionsrisiko ergibt.

*Das wäre in etwa so, als ob man mit ein paar wenigen Kämpfern eine Festung verteidigen müsste, die von einer großen Armee angegriffen würde. Seit [FORT ALAMO](#) wissen wir, dass ein solches Unterfangen nicht immer gut ausgeht.*

Weiter sieht man auch, dass man mit „höherwertiger“, also sicherer, Gerätetechnik das Explosionsrisiko signifikant reduzieren kann. Wenn man in Zone 22 Geräteschutzniveau Db installiert ist man „sicherer als man sein müsste“.

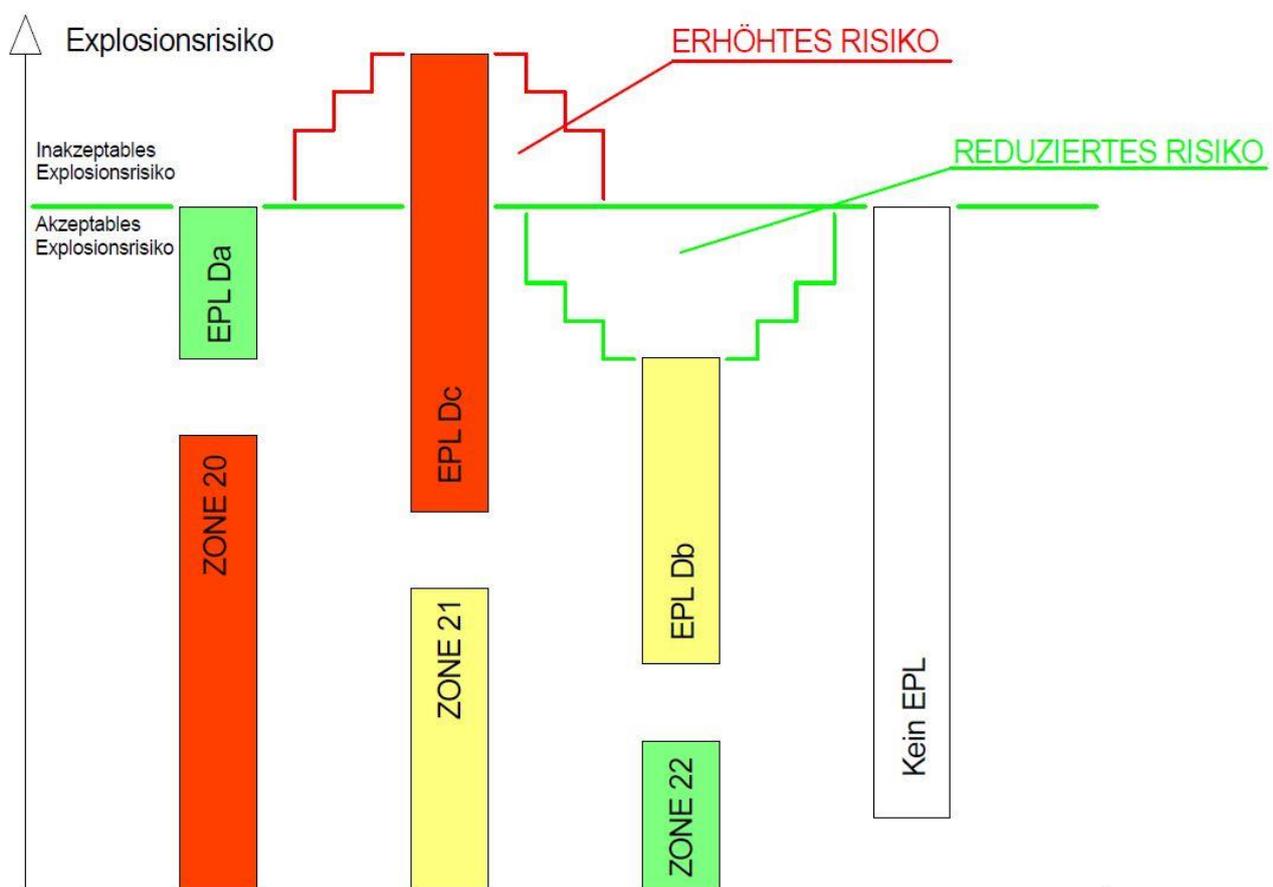


Bild 2-2: Explosionsrisiko „falsche“ Geräteauswahl

Dieses „besser als man bräuchte“ Prinzip findet sich in der Praxis sehr häufig. Die Philosophie eines großen Anlagenbetreibers und Kunden war und ist:

*„...Wir differenzieren nur zwischen Ex und nicht-Ex. Demzufolge setzen wir auf der gesamten Anlage, also im sicheren Bereich, in Zone 22 und in Zone 21 nur Geräte mit dem Geräteschutzniveau Db ein. In Zone 20 müssen wir zum Glück keine Geräte einbringen. Uns ist bewusst, dass unsere Geräte dann in Zone 22 sicherer sind als*

*wir es bräuchten, aber die Vorteile für uns überwiegen: Zum einen haben wir nur einen Gerätetyp im Ersatzteilbestand: Das Gerät können wir überall einsetzen, sobald etwas kaputt geht. Zum anderen sind wir auf der sicheren Seite, wenn aus der Zone 22 durch Prozessänderungen mal die Zone 21 werden würde. Stellen Sie sich mal den Aufwand vor, dann alle Dc-Geräte gegen Db-Geräte tauschen zu müssen...“*

Wie das mit Philosophien so ist, kann man ihnen folgen, man muss aber nicht. Wichtig sind folgende Gedanken:



Die Gerätetechnik darf NIE schwächer sein als es die Zone erfordert. „Besser als man bräuchte“ geht immer.

Setzen Sie in Zone 20 nur Geräte der Kategorie Da ein. In Zone 21 gehen dann aber auch Geräte der Kategorie Da und Db und in Zone 22 können Geräte der Kategorie Da, Db oder Dc installiert werden.

### 3 Staubgruppen versus Gerätegruppen

Klar ist, dass nicht alle Stäube brennbar sind. Klar ist auch, dass brennbare Stäube unterschiedlich schwer zu entzünden und unterschiedlich gefährlich in ihrer Explosionsausbreitung sind. Auch hier ist es sinnvoll mit Gruppen zu arbeiten. Brennbar Stäube werden in „Staubgruppen“ eingeteilt:

GRUPPE	STAUB	BEISPIEL
IIIA	Brennbare Flusen	Baumwolle, Filterstoffe
IIIB	Nicht leitfähiger Staub	Zuckerstaub, Weizenmehl
IIIC	Leitfähiger Staub	Aluminiumstaub

Tab. 3-1: Staubgruppen

Hierbei gilt, dass die Staubgruppe IIIC gefährlicher ist als die Staubgruppe IIIB, während IIIB wiederum gefährlicher ist als IIIA.

Auch hier muss es so sein, dass die Gegenspieler, also die Geräte, entsprechend „ausgerüstet“ sein müssen um für die jeweilige Staubgruppe die Explosionssicherheit zu gewährleisten. Die Entwicklung der Geräte erfolgt durch Konstruktionsanforderungen an das jeweilige Gerät, welche in der Norm DIN/EN/IEC 60079-31 festgelegt sind.

Hier gibt es mehrere technische Möglichkeiten ein Gerät zu konstruieren deren Erörterung das Volumen dieser Ausarbeitung sprengen würde. Ein einfaches Beispiel ist die Staubdichtheit eines Gehäuses (z.B. IP6x). Die Norm legt beispielsweise fest, dass Geräte für weniger gefährliche Stäube auch weniger staubdicht sein müssen. Bei „Schutz durch Gehäuse“ legt man die Geräteschutzniveaus „ta“, „tb“ und „tc“ fest. Die sichersten Geräte sind „ta“.

Wenn wir uns jetzt von der Schutzart, also der Art wie ein Gerät sicher gemacht wird, entfernen, ergibt es auch hier Sinn, in Gerätegruppen einzuteilen. Die Gerätegruppen tragen die gleichen Namen, wie die zugehörige Staubgruppe. Dies führt manchmal zu Verwirrung - man sollte also immer sagen, ob man von der Staubgruppe IIIC oder von der Gerätegruppe IIIC spricht – vereinfacht jedoch die Geräteauswahl: Man nehme IIIC Geräte für IIIC Stäube, IIIB Geräte für IIIB Stäube, und so weiter...

*Wenn wir bei dem Beispiel der Waffen bzw. der Gegenwehr bleiben, kann man sagen:*

*Bei Speeren auf der einen Seite sollte die Gegenseite zumindest über Schilde verfügen. Bei Katapulten sind schon Burgmauern erforderlich und den Luftbomben im 2. Weltkrieg konnten nur noch Bunker trotzen.*

Auch hier gilt wieder das „besser als man bräuchte“ Prinzip. IIIC-Geräte sind so gut konstruiert, dass man sie in allen Staubgruppen einsetzen kann. IIIB reicht für IIIB und IIIA Stäube und IIIA kann man zumindest bei IIIA Stäuben einsetzen.

*Ein Bunker ist auch sicher, wenn der Gegner mit Speeren oder Katapulten angreift. Andererseits eignet sich ein tragbares Holzschilde nicht wirklich zur Verteidigung gegen einen Luftangriff oder gegen Katapulte.*

Unabhängig von der Konstruktionstechnik der Geräte ergibt sich auch hier eine Zuordnung, oder besser gesagt Mindestzuordnung:

Staubgruppe	Waffen-gattung	Verteidigungs-gattung	Gerätegruppe
IIIA	<i>Speere</i>	<i>Schilde</i>	IIIA oder IIIB oder IIIC
IIIB	<i>Katapulte</i>	<i>Burgen</i>	IIIB oder IIIC
IIIC	<i>Luftbomben</i>	<i>Bunker</i>	IIIC

Tab. 3-2: Gerätegruppen gegen Staubgruppen



Die Gerätegruppe muss immer der Staubgruppe entsprechen oder besser sein. „Besser als man bräuchte“ geht immer.

## 4 Heiß und fettig staubig!

Temperaturen sind ein wichtiger Parameter im gesamten Explosionsschutz und man muss schon einige Normenordner hinter sich stehen haben, um die Begriffe der Temperaturklasse, Zündtemperatur, ATEX-Normtemperatur, Umgebungstemperatur, maximalen Oberflächentemperatur, Lagertemperatur, etc. zuordnen zu können. Das Wesentliche zuerst:

### 4.1 Umgebungstemperatur

Bei einem Ex-Gerät wird immer dann eine zulässige Umgebungstemperatur angegeben, wenn das Gerät auch jenseits des ATEX-Normtemperaturbereiches (-20°C bis +40°C) betrieben werden darf. Einige unserer Kameras sind z.B. von -60°C bis +60°C sicher. Dieser Temperaturbereich ist der „zugelassene Umgebungstemperaturbereich des Geräts“. Achten Sie darauf, dass diese Angaben den Anforderungen Ihrer Anlage entsprechen.

Dürfen Sie oben genannte Kamera an einem +120°C heißen Schauglas betreiben? **NEIN!** Das ist zu heiß, da die Zulassung der Kamera nur bis +60°C geht.

Dürfen Sie die Kamera bei +45°C am Äquator einsetzen? **JA.** Das passt.



Gleichen Sie den Umgebungstemperaturbereich Ihrer Anlage mit dem der zulässigen Umgebungstemperatur des Geräts ab.

### 4.2 Zündtemperatur

Die Zündtemperatur einer Staubwolke ist die niedrigste Temperatur einer erhitzten Oberfläche bei der es zur Explosion kommt.<sup>3</sup>

*Weizenstaub zum Beispiel entzündet sich bei +270°C. Stellt man sich also eine Mehlwolke vor, die über einen +450°C heißen LötKolben zieht, so kommt es zu einer Explosion. Die Hitze des LötKolbens allein reicht schon, um das Weizenmehl zu entzünden. Ein „Funke“ wird hier nicht mehr benötigt.*

Konsequenz: Die maximale Oberflächentemperatur von Geräten muss kleiner sein als die Zündtemperatur der Staubwolke.

---

<sup>3</sup> Hier zwei Links zu Zündtemperaturen von Stäuben:

[https://de.wikipedia.org/wiki/Z%C3%BCndtemperatur\\_-\\_St%C3%A4ube](https://de.wikipedia.org/wiki/Z%C3%BCndtemperatur_-_St%C3%A4ube)

<https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/rep/pdf/rep02/biar1297/12-97.pdf>

### 4.3 Glimmtemperatur

Staub hat, im Vergleich zu Gas, eine noch nicht bewertete Eigenschaft: Er kann sich ablagern. Solche Ablagerungen können unterschiedlich dick sein, je nachdem wann das letzte Mal „geputzt“ wurde. Von solchen Staubablagerungen geht eine weitere Gefahr aus: Sie können glimmen.



Bild 4-1: Prüfung der Glimmtemperatur<sup>4</sup>

Die Glimmtemperatur ist in aller Regel kleiner als die Zündtemperatur, auch ist beim Glimmen die Dicke der Staubschicht entscheidend. Je dicker eine Staubschicht, desto mehr Energie hat sie und desto gefährlicher ist sie. Unsere Normgeber haben Schichtdicken bis 5mm analysiert, dickere Schichten wurden nicht betrachtet. Das heißt: Versuchen Sie Schichtdicken von größer 5 mm zu vermeiden. Wenn Ihnen das konstruktiv nicht gelingt, müssen solche Ablagerungen in Ihrem Explosionsschutzdokument separat bewertet werden.

---

<sup>4</sup> Quelle: <https://www.bgn-branchenwissen.de/daten/bgn/akzente/akzente09/kenngroessen.htm>

#### 4.4 Maximale Oberflächentemperatur der Geräte

Wenden wir unser Beispiel von der Weizenmehlwolke und dem LötKolben an.

*Klar ist, dass es knallt, wenn ein LötKolben mit +450°C in eine Weizenmehlwolke eindringt, welche eine Zündtemperatur von +270°C hat.*

*Aber wie heiß darf der LötKolben werden, damit nichts passiert, was ist also die maximale Oberflächentemperatur, die er haben darf? Bei +100° C hätte man sicher noch ein gutes Gefühl, bei +269°C wäre dieses Gefühl wohl eher ein schlechtes und bei +450° hätte man gar kein Gefühl mehr. ;-)*

Der aufmerksame Leser wird jetzt sicher denken, dass man die maximal zulässige Oberflächentemperatur auf Basis der Zünd- und Glimmtemperaturen berechnen kann. Und er hat Recht.



Die maximale Oberflächentemperatur eines Gerätes darf nicht größer als 2/3 der niedrigsten Zündtemperatur sein.<sup>5</sup>



Die maximale Oberflächentemperatur muss 75K unter der Glimmtemperatur der Staubschicht liegen.<sup>6</sup>

Gehen wir zurück zu unserem Beispiel mit Frau Müller und Herr Meier aus Kapitel 2.

*Die Lampe im Silo wird heiß wenn sie leuchtet, wie eine Glühbirne heiß wird wenn man sie anschaltet. Berechnen wir, wie heiß sie werden darf:*

*Nehmen wir folgende Werte an:*

$$T_{\text{Zünd}} = +270^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{Glimm}} = +250^{\circ}\text{C}$$

*Dann ergibt sich:*

$$T_{\text{max (Staubwolke)}} = 2/3 \times 270^{\circ}\text{C} = +180^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{max (Staubschicht)}} = +250^{\circ}\text{C} - 75\text{K} = +175^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{max}} < +175^{\circ}\text{C}$$

*Herr Meiers Ex-Beauftragte hat also eine Lampe ausgesucht, deren Oberfläche nicht heißer als +175°C werden darf. Somit kann die Lampe, wenn sie brennt und Herr Meier nicht gerade daran rumschraubt, unmöglich die Staubwolke entzünden.*

<sup>5</sup> TRBS 2152 Teil 3, Nr. 5.2.6 Abs. 1

<sup>6</sup> TRBS 2152 Teil 3, Nr. 5.2.6 Abs. 2, Nr. 5.2.7 Abs. 2 und Nr. 5.2.8 Abs. 2).

Voraussetzung ist, dass die abgelagerten Staubschichten nicht dicker als 5 mm sind. Bei Schichtdicken > 5 mm reduziert sich die maximal zulässige Oberflächentemperatur deutlich, da der Staub isolierend wirkt!

Jetzt wissen wir auch, wie heiß unser LötKolben sein darf, als dass wir gefahrenlos in der Staubwolke löten können: Höchstens +175°C!

An dieser Stelle noch ein wichtiger Zusammenhang, der unseren Kunden oft unklar ist: Geräte erzeugen in aller Regel keine *absolute Oberflächentemperatur*, sondern eine *Temperaturdifferenz zu ihrer Umgebungstemperatur*. Im Beispiel wird das klar: Herr Meiers Silolampe erzeugt im Betrieb eine Temperaturdifferenz zur Umgebung von 20K. Wenn es im Silo selbst schon +40°C heiß ist wird die Oberfläche der Lampe +60°C heiß.

Und im Winter? Wie heiß wird die Lampe, wenn im Silo nur +10°C vorherrschen? Richtig! +10°C + 20K = +30°C. Die Lampe wird also mit +30°C zu einem perfekten Handwärmer!



Die Angaben der Gerätehersteller für die maximale Oberflächentemperatur beziehen sich auf den Gerätebetrieb bei maximal zulässiger Umgebungstemperatur.



Die Angaben der Gerätehersteller für die maximale Oberflächentemperatur erfolgen nicht in Temperaturklassen, sondern werden in konkreten Werten in Grad Celsius angegeben.

## 5 Was ist zu tun?

Das vorliegende Kapitel ist im Wesentlichen für „Laien“ geschrieben. Es soll einen „roten Faden“ über die wesentlichen Punkte darstellen. Die rechtlichen Grundlagen werden mehr oder weniger außer Acht gelassen. Den „Explosionsschutz- Profi“ unter den Lesern bitte ich um Nachsicht, oder besser, um Kommentare! Im Netz gibt es eine Vielzahl von „Grundlagen Broschüren“ auf welche ich verweisen möchte. Dort werden mehr oder weniger Fragen der Projektierung, der Zündschutzarten oder der rechtlichen Anforderungen erörtert, auf welche hier nicht eingegangen werden soll.

### 5.1 Staub vermeiden

Sowohl abgelagerte Stäube, als auch Staubwolken können brennbar und folglich explosionsfähig sein. Ein erster Ansatz – man spricht hier vom primären Explosionsschutz - heißt also: Staub vermeiden!



Bild 5-1: Staubfilter

Wie man in Ihrem Fall Staub vermeidet wissen Sie vermutlich selbst am besten, Sie kennen Ihre Anlage und Ihre Geräte. Es gibt stauberzeugende Geräte, welche über integrierte Staubfilter verfügen. Insbesondere bei Holzverarbeitenden Profimaschinen ist ein Staubfilter heute üblich.



Vermeiden Sie brennbare Stäube in Ihrer Anlage wo immer es geht. Setzen Sie, wo möglich, Staubfiltersysteme ein.

### 5.1.1 Putzen, putzen, putzen!

Manchmal lässt sich Staub nicht vermeiden, aber wo dieser anfällt, kann man ihn auch wieder entfernen. Das regelmäßige Beseitigen von brennbarem Staub stellt deswegen eine sicherheitstechnisch bedeutsame Schutzmaßnahme bei der Realisierung des Explosionsschutzes dar.



Bild 5-2: Staubablagerung

## 5.1.2 Absauganlagen für brennbare Stäube

Eine Absauganlage ist nichts weiter, als eine professionelle Version eines Staubsaugers.

*Haben Sie schon mal ein Dübelloch in eine Betonwand im Wohnzimmer gebohrt? Falls ja, wissen Sie, dass das ganz schön staubt. Sie haben jetzt drei Möglichkeiten mit dieser Tatsache umzugehen: 1. Sie saugen den entstehenden Staub nach dem Bohren weg, was für Sie mehr Arbeit bedeutet aber Ihre Frau freuen wird. 2. Sie lassen den Staub liegen, was Ihre Frau nicht freuen wird. 3. Sie fragen vor dem Bohren, Ihre Frau um Hilfe, indem Sie direkt neben dem Bohrprozess den Staubsauger an das zu entstehende Bohrloch hält, um somit den Staub direkt an der Entstehungsstelle abzusaugen. Nichts anderes macht eine industrielle Absaugvorrichtung. Option 3 bietet 2 Vorteile: Der Staub wird direkt an der „Quelle“ abgesaugt und Ihre Frau hat das Gefühl beim Bohren geholfen zu haben. Wenn Sie eine Frau sind und selber bohren wollen gilt natürlich dasselbe für Sie: Fragen Sie Ihren Mann nach „Absaughilfe“.*

Wenn man beispielsweise „Staubabsaugung für Zone 22“ googelt, erhält man bereits viele Geräteoptionen.



Bild 5-3: Absaugvorrichtung für Zone 22



Setzen Sie geeignete Absauganlagen ein und achten Sie darauf, dass die Absauganlage für Ihre Stäube und für Ihre Ex-Zone geeignet ist.

### 5.1.3 Freiblasvorrichtungen

Freiblasvorrichtungen sind in Staub-Ex-Bereichen nicht so gerne gesehen. Der Grund hierfür ist klar: Brennbare Stäube werden durch Freiblasvorrichtungen aufgewirbelt und so in eine explosionsfähige Staubwolke „verwandelt“. Das ist so erstmal potentiell gefährlich, sodass Freiblasvorrichtungen also gut projektiert werden müssen.

Sie machen rein funktionell Sinn, wenn der Staub „*an einer bestimmten Stelle*“ stört. Zum Beispiel an einer Kameraoptik, an einem Schauglas oder an einem Temperatur-Hotspot. Hier gilt die Devise: „Hier soll kein Staub sein – soll er sich doch woanders absetzen.“

Bei Freiblasvorrichtungen ist folgendes **UNBEDINGT** zu berücksichtigen.



Freiblasvorrichtungen sind bei der Zoneneinteilung zu berücksichtigen!

So kann z.B. aus Ihrer Zone 22 schnell eine Zone 21 werden, wenn Sie „*alle halbe Stunde*“ abblasen.



Geräte der Freiblasvorrichtungen, z.B. Magnetventile, haben der Zoneneinteilung zu entsprechen!

Setzen Sie z.B. ein für Zone 21 zugelassenes Magnetventil in Zone 21 ein.



Führen Sie die Freiblasvorrichtung fehlersicher aus! Es sollte nicht dauerhaft freigeblasen werden, um nicht kontinuierlich Staub aufzuwirbeln.

Das kann z.B. durch zwei pneumatisch in Serie geschaltete Magnetventile oder durch eine Kombination aus Hand – und Automatikventilen realisiert werden.



Kombinieren Sie, falls möglich, Ihre Freiblasvorrichtung mit einer geeigneten lokalen Absaugung, so wird Ihr Staub direkt gesammelt und kann sich nicht weiter absetzen.

Weiter Informationen über Freiblasvorrichtungen für explosionsgeschützte Kamerasysteme finden Sie hier:

<https://www.samcon.eu/de/produkte/equipment/air-blade/>

oder hier:



Wenn Sie alle Möglichkeiten ausgeschöpft haben explosionsfähige Staubatmosphäre zu vermeiden, liegt der nächste Schritt auf der Hand: Vermeiden Sie Zündquellen!

## 5.2 Zündquellen vermeiden

Es gibt viele Arten von Zündquellen, z.B. die Zigarette aus dem einleitenden Kapitel, ein elektrischer- oder mechanischer Funke, Licht mit hoher Leistungsdichte, etc. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die potentielle Zündquelle ein Gerät ist, welches in der Ex-Zone installiert und/oder benutzt werden soll. Die erste wesentliche Frage bei der Projektierung von Geräten im Ex-Bereich lautet:

Muss das Gerät im Ex-Bereich installiert werden?

Ein vermiedenes Ex-Gerät ist ein sicheres Ex-Gerät! Prüfen Sie, ob die Aufgabe welche das Gerät erfüllen muss, WIRKLICH eine Installation in der Ex-Zone erfordert! Oft ist das der Fall – häufig aber auch nicht!

*Häufig werden bei uns Zone-22 Kameras für Außenbereiche angefragt. In den Projektierungsgesprächen wird dann erläutert, dass die Zone 22-Grenze bis 4-Meter-über-dem-Staub definiert ist. Wenn wir unseren Kunden dann erklären, dass eine einfache 7-Meter-Mast-Lösung dann 3-Meter im sicheren Bereich steht ist unser Kunde zunächst verdutzt, wie einfach sich Ex-Probleme lösen lassen können; und dann glücklich, weil er sehr viel Geld spart.*



Vermeiden Sie Geräte im Ex-Bereich installieren zu müssen, wo immer das möglich ist!

### 5.2.1 Richtiges Geräteschutzniveau auswählen

Falls Ex-Geräte zum Einsatz kommen müssen, legen Sie erstens das erforderliche Geräteschutzniveau fest. Rufen Sie sich hierzu Kapitel 2 dieser Broschüre in Erinnerung und denken Sie daran: „Sicherer als man bräuchte geht immer“.



Legen Sie das erforderliche Geräteschutzniveau fest: Setzen Sie in Zone 20 nur Geräte der Kategorie Da ein. In Zone 21 geht Da und Db. Und in Zone 22 kann Da, Db oder Dc installiert werden.

## 5.2.2 Richtige Gerätegruppe auswählen

Welche Stäube oder Flusen treten in Ihrer Anlage auf? Welche Gerätegruppe ist für Ihre Stäube erforderlich? Hier ist in Kapitel 3 beschrieben, auf was geachtet werden muss.



Legen Sie die erforderliche Gerätegruppe fest: Setzen Sie in Staubgruppe IIIC nur IIIC Geräte ein. In Staubgruppe IIIB sind IIIB und IIIC Geräte geeignet. Und in Staubgruppe IIIA dürfen IIIC, IIIB und IIIA Geräte eingesetzt werden.

## 5.2.3 Temperaturen beachten

Rufen Sie sich hierzu die Erläuterungen aus Kapitel 4 in Erinnerung.



Legen Sie den **Umgebungstemperaturbereich** Ihres Gerätes fest. Wie heiß wird es in Ihrer Anlage? Hält das Gerät das aus? Ist das Gerät bei der Hitze noch sicher? Wie kalt wird es in Ihrer Anlage? Hält das Gerät das aus? Ist das Gerät bei der Kälte noch sicher?



Welche **maximale Oberflächentemperatur** darf das Gerät haben? Bestimmen Sie, wie in Kapitel 4 beschrieben, die maximale Oberflächentemperatur, die ein Gerät in Ihrer Anlage haben darf. Liegen die Temperaturangaben für die maximale Oberflächentemperatur auf dem Typenschild des Gerätes darunter, ist alles gut. Wenn nicht, dann suchen Sie sich ein Gerät, welches nicht so heiß wird.

## 6 Sonstiges

### 6.1 Staub und/oder Gas?

Was ist eigentlich, wenn ich *gleichzeitig* eine staub- und eine gasexplosionsgefährdete Atmosphäre habe? Viele Kunden meinen, das sei kein Problem, weil ja beide Kennzeichnungen, die für Staub und die für Gas, auf dem Typenschild stehen. Dies ist allerdings ein Irrtum. Die Geräte sind zwar für Staub und für Gas zugelassen, das gleichzeitige Auftreten stellt aber einen nicht simulierten und nicht in der Norm behandelten Sonderfall dar. So kann es natürlich sein, dass wenn es zu einer Gasexplosion in einem druckfesten Gehäuse kommt, das heiße Zündgas eine außenliegende Staubatmosphäre zünden kann. Es gilt also:

Gas-Ex-Geräte in Gas-Ex-Atmosphäre? Ja!

Staub-Ex-Geräte in Staub-Ex-Atmosphäre? Ja!

Staub-und-Gas-Ex-Geräte in *gleichzeitiger* Staub-und-Gas-Ex-Atmosphäre: Nein!

### 6.2 Weiterführende Links

Grundlagen:

<https://www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt3/exschutz/ex-grundlagen.html>

<https://www.bgrci.de/>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Explosionsschutz>

Kenngrößen:

<https://www.bgn-branchenwissen.de/daten/bgn/akzente/akzente09/kenngroessen.htm>

<https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/rep/pdf/rep02/biar1297/12-97.pdf>

### 6.3 Abschließende Bemerkung

Der Anspruch an diese Themenbroschüre war es, Staubexplosionsgefahr und Staubexplosionsschutz einfach und grundlegend zu erklären. Vieles wurde weggelassen, z.B. Themen wie die untere oder die obere Explosionsgrenze, andere Themen, wie Umgebungstemperaturbereiche, wurden nur angeschnitten. Auch ist klar, dass Kabel und Leitungen, Brandschotts, etc. zu einer sauberen Projektierung von Ex-Anlagen gehören, welche in der vorliegenden Broschüre nicht einmal namentlich erwähnt werden. Kurzum: Das Lesen dieser Broschüre macht noch keinen Ex-Experten aus Ihnen. Trotzdem hoffe ich, dass Ihnen einige Beispiele in Erinnerung bleiben und Sie nun ein grundlegendes Verständnis dafür haben, warum die Regeln so sind, wie sie eben sind.

Sollten Sie Kommentare zu dieser Broschüre haben, welcher Art auch immer, können Sie sich gerne mit mir in Verbindung setzen: [s.seibert@samcon.eu](mailto:s.seibert@samcon.eu)



**SAMCON**

Schillerstraße 17, 35102 Lohra-Altenvers  
[www.samcon.eu](http://www.samcon.eu), [info@samcon.eu](mailto:info@samcon.eu)  
fon: +49 6426 9231-0, fax: - 31

