



# Kabel und Leitungen für explosionsgefährdete Bereiche

Themenbroschüre Nr. 0005



# SAMCON

Prozessleittechnik GmbH

|            |  |
|------------|--|
| Titel:     | Kabel und Leitungen für explosionsgefährdete Bereiche mit Schwerpunkt auf direkte Einführung in druckfeste Räume |
| Doc.- Id.  | 190819-TAU-SS-Kabel_und_Leitungen_fuer_ex._Bereiche.docx   |
| Verfasser: | Dipl.-Ing. Steffen Seibert   |
| Erstellt:  | 19. August 2019  |
| 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>Mechanischer Aufbau .....</b>  | <b>5</b>  |
| 2.1       | Mantelmaterial.....   | 5         |
| 2.2       | Form der Kabel und Leitungen .....                                      | 5         |
| 2.3       | Einbettung und Füllstoffe.....  | 7         |
| 2.4       | Potentieller Flammen- und/oder Zünddurchschlag.....                     | 7         |
| 2.4.1     | Potentielle Zünddurchschläge zwischen Aderisolierungen .....            | 7         |
| 2.4.2     | Potentielle Zünddurchschläge zwischen Aderzwischenräumen .....          | 9         |
| 2.5       | Potentielle Zonenverschleppung & Längsdichtheit.....                    | 9         |
| <b>3</b>  | <b>Umwelt, Prozess und Anwendungsparameter .....</b>                    | <b>12</b> |
| 3.1       | Flammwidrigkeit .....   | 12        |
| 3.2       | UV-Beständigkeit.....   | 13        |
| 3.3       | Oberflächentemperatur .....   | 13        |
| 3.4       | Umgebungstemperatur.....  | 13        |
| 3.5       | Öl- und Schlamm-Beständigkeit.....                                      | 13        |
| <b>4</b>  | <b>Installation .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>5</b>  | <b>Flexible Kabel für ortsfeste oder ortsveränderliche Geräte .....</b> | <b>14</b> |
| <b>6</b>  | <b>LWL Leitungen .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>7</b>  | <b>Auswahl der Kabelleitungseinführung .....</b>                        | <b>15</b> |
| <b>8</b>  | <b>Muster Konformitätserklärung .....</b>                               | <b>17</b> |
| <b>9</b>  | <b>Beispielleitungen.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>10</b> | <b>Notizen.....</b>   | <b>19</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Bild 2-1: | Leitung ausreichend kreisförmig und kompakt .....                          | 6  |
| Bild 2-2: | Leitung nicht ausreichend kreisförmig und kompakt.....                     | 6  |
| Bild 2-3: | Druckprüfvorrichtungen für Kabel-KLE Kombinationen .....                   | 6  |
| Bild 2-4: | Skizze zum Zünddurchschlag in Leitungen .....                              | 8  |
| Bild 2-5: | Prüfstand zur Messung der „Kabel-Längs-Dichtheit“ von Leitungen .....      | 10 |
| Bild 2-6: | Messung einer Leitung mit schlechter Längsdichtheit (nicht bestanden)..... | 11 |
| Bild 2-7: | Messung einer Leitung mit guter Längsdichtheit (bestanden) .....           | 11 |
| Bild 2-7: | Skizze zur Zonenverschleppung.....   | 12 |

## Revisionshistorie

| Rev.- Index | Datum      | Name       | Bemerkung                |
|-------------|------------|------------|--------------------------|
| 00          | 19.08.2019 | S. Seibert | Erstellung des Dokuments |

# 1 Einführung

Dieses Dokument richtet sich in erster Linie an Betreiber und Errichter von explosionsgeschützten Anlagen. Es soll bei der Auswahl geeigneter Kabel und Kabelleitungseinführungen und bei deren Kombination helfen, da die Eigenschaften von Kabeln und Leitungen in explosionsgefährdeten Bereichen integraler Bestandteil des elektrischen Explosionsschutzes sind.

Diese Aussage klingt zunächst trivial – ist sie jedoch nicht: Der klassische europäische Explosionsschutz (Richtlinie 2014/34/EU – im Folgenden ATEX Richtlinie genannt) bezieht sich auf das Gerät, also zum Beispiel auf eine Leuchte, ein Messgerät, eine Kamera oder Ähnliches. Die Sicherheit solcher Geräte wird in der Regel über die Anwendung einer oder mehrerer Zündschutzarten sichergestellt. Solche Zündschutzarten sind in Normen klar definiert: Die Norm IEC/EN 60079-1 beschreibt zum Beispiel, wie die Zündschutzart „Druckfeste Kapselung“ funktioniert.

Verantwortlich für die Funktion der Zündschutzart sind die Gerätehersteller. Im Groben läuft die Zulassung eines ex-geschützten Gerätes wie folgt ab:

1. Der Hersteller legt die Konstruktion und die Zündschutzart fest, die er anwenden möchte um sein Gerät sicher zu machen.
2. Die vom Hersteller benannte Prüfstelle (z.B. die PTB in Braunschweig) prüft, ob die Konstruktion des Herstellers den Sicherheitsanforderungen genügt.
3. Besteht das Gerät alle Tests, wird ein Prüfzertifikat ausgestellt und der Hersteller darf das Gerät in Verkehr bringen.

Aber: Weder der Hersteller, noch die benannte Prüfstelle legen im Detail fest, wie der Kabelanschluss zu erfolgen hat.<sup>1</sup>

Insbesondere bei druckfesten Geräten (Ex-d) oder Geräten in erhöhter Sicherheit (Ex-e) werden weder das Kabel, noch die zu verwendenden Kabelleitungseinführungen in dem oben beschriebenen Zertifizierungsprozess definiert, geschweige denn geprüft. Kabel und Leitungen fallen nicht in den Anwendungsbereich der ATEX Richtlinie und können folglich auch nicht gemäß der ATEX Richtlinie zertifiziert werden.

Durch falsch gewählte Kabel oder deren Einführungen kann ein gesamtes Schutzsystem unsicher werden. Dass dies zu einem Problem führen kann, wird an folgendem Beispiel deutlich: Mit einem druckfesten Gerät (Ex-d), welches z.B. 10 bar an Explosionsdruck

---

<sup>1</sup> Diese Aussage gilt meistens, wenn auch nicht ausnahmslos. Druckfeste Geräte werden fast immer ohne Kabelanschluss geprüft.

erzeugt, wird eine Kabel- KLE<sup>2</sup>-Kombination verwendet, welche nur 6 bar Explosionsdruck standhält. Dadurch ist das Gerät unsicher.

Resümee:

1. Explosionsgeschützte Geräte werden in der Regel ohne Kabelanschluss vom Hersteller geprüft.
2. Kabel und Leitungen fallen nicht in den Anwendungsbereich der ATEX Richtlinie.
3. Ungeeignete Kabel und/oder Kabelleitungseinführungen können den Geräteschutz aufheben und somit Explosionen verursachen.

Den internationalen (IEC) sowie den europäischen Normengebern (CENELEC) ist dieses Problem bekannt: Zunehmend konkreter und detaillierter werden allgemeine und konkrete Anforderungen an Kabel und Leitungen in den Normen der jeweiligen Zündschutzarten (Ex-d, Ex-e), aber auch in der „Betreibernorm“: IEC/EN 60079-14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen, festgelegt.

Der technische Rahmen, z.B. für Kabelleitungseinführungen, wird in den Gerätenormen IEC/EN 60079-0/1 definiert. Die Auswahl der Kabel und Leitungen ist aber nicht Aufgabe der Gerätehersteller, sondern der Errichter und Betreiber von explosionsgefährdeten Anlagen. Dieser Verantwortungssprung ist schwierig, aber sinnvoll. Im Prinzip definiert die Verantwortungschronologie folgendes Vorgehen:

1. Für sein Gerät ist der Gerätehersteller bis zum Gewinde, welches die KLE aufnimmt, verantwortlich.
2. Der KLE-Hersteller ist dafür verantwortlich, dass seine Leitungseinführung für definierte Kabeltypen (z.B. Durchmesser von/bis) bis zu einem Druck von 30 bar sicher ist.
3. Es liegt in der Verantwortung von Errichtern und/oder Betreibern das Ex-Gerät, ein geeignetes Kabel, sowie eine geeignete KLE auszuwählen und zu kombinieren.

Primäres Ziel dieses Dokuments ist es Betreibern und Errichtern von explosionsgeschützten Anlagen dabei zu helfen ihrer Verantwortung gerecht zu werden. Hierzu werden in diesem Dokument die geforderten Kabel und Leitungseigenschaften definiert und erklärt. Des Weiteren wird auf sinnvolle Kabel-KLE-Kombinationen bzw. eben auf weniger sinnvolle Kabel-KLE-Kombinationen eingegangen.

---

<sup>2</sup> KLE = Kabelleitungseinführung

Zudem beschreibt es im weitesten Sinne unseren subjektiven „best practice“ Ansatz und erhebt, trotz sorgsamer Recherche, keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es ersetzt in keinem Fall die detaillierte Normenrecherche und es entbindet weder Hersteller noch Errichter oder Betreiber von deren zugedachter Verantwortung.

Des Weiteren beschränken wir uns in diesem Dokument auf die Zündschutzarten Ex-d und Ex-e, mit Schwerpunkt auf die druckfeste Kapselung. Eigensichere Stromkreise (Ex-i) sowie deren Leitungen oder überdruckgekapselte Geräte (Ex-p) sowie deren Leitungen stellen meist Sonderinstallationen dar, welche explizit in den Gerätnormen beschrieben sind.

Allgemeine Anforderungen an Kabel und Leitungen werden im Kapitel 9.3 der IEC/EN 60079-14 gestellt. Einige der dort definierten Punkte behandeln exotische Sonderleitungen, welche bei „normalen“ Projektierungsaufgaben selten bis gar nicht vorkommen (z.B. Aluminiumleiter, Flachbandleitungen, easy tear, etc...). Dieses Dokument beschäftigt sich mit „normalen“ Kupfer oder LWL<sup>3</sup> Leitungen, welche im Rahmen der üblichen Projektierungen eingesetzt werden.

## 2 Mechanischer Aufbau

Dass ein Kabel für den Ex-Bereich mechanisch robust sein sollte ist einleuchtend. Kein Projektierer käme auf die Idee ein Netzwerk-Patchkabel aus der Office-Welt im ex.-Bereich zu installieren, oder? Aber: Wann ist ein Kabel mechanisch robust?

In der IEC/EN 60079-14 wird hier Folgendes festgelegt:

### 2.1 Mantelmaterial

Der Außenmantel des Kabels muss aus einem thermoplastischen, duroplastischen oder elastomeren Werkstoff bestehen...

Nahezu alle handelsüblichen Leitungen fallen in eine dieser Kategorien. PUR Leitungen, zum Beispiel, können je nach Vernetzungsgrad, duroplastisch, thermoplastisch oder elastomer sein. Wenn Sie unsicher sind, ob Ihre Leitung in eine der Gruppen passt, fragen Sie am besten beim Hersteller nach.

### 2.2 Form der Kabel und Leitungen

Kabel müssen kreisförmig<sup>4</sup> und kompakt sein...

Sie müssen kreisförmig sein, da die zu verwendenden KLEs kreisförmige Gummidichtungen haben, die für die nötige Abdichtung des Kabels sorgen.

---

<sup>3</sup> LWL = Lichtwellenleiter

<sup>4</sup> Die Norm lässt hier zwar Sonderleitungen wie Flachbandleitungen explizit zu, fordert aber auch dann die Verwendung geeigneter KLEs. In der Projektierungspraxis kommen fast nur runde Leitungen vor.

Sie müssen kompakt sein, da eine wenig-kompakt-verseilte Leitung dem Anpressdruck des Gummiringes der KLE schlichtweg nachgeben würde. Hier würde also die Haftreibung zwischen Gummiring und Leitung nicht ausreichen um die nötige Druckfestigkeit zu gewährleisten.

Insbesondere bei direkten Einführungen in druckfeste Räume (Ex-d) ist die Kreisform sowie die Kompaktheit eine wesentliche sicherheitstechnische Eigenschaft der Leitung.



Bild 2-1: Leitung ausreichend kreisförmig und kompakt



Bild 2-2: Leitung nicht ausreichend kreisförmig und kompakt

Die Norm legt aber, rein messtechnisch, also über eine konkrete Definition der tolerierbaren Formabweichung, nicht explizit fest wann „rund verseilt“ noch „rund verseilt“ ist – also welche Formabweichung noch tolerierbar ist.

Um die Eignung einer Leitung zu überprüfen eignet sich in der Praxis ein einfacher Überdrucktest: Die Kombination Ex-d Gehäuse – KLE – Kabel muss 30-bar-druckfest sein, ohne dass sich das Kabel aus der KLE löst. Siehe Prüfstand Bild 2-3.



Bild 2-3: Druckprüfvorrichtungen für Kabel-KLE Kombinationen

*Anmerkung: Die ungeeignete Leitung aus Bild 2-1 hat mit „geeigneter“ KLE lediglich einem Druck von 14 bar standgehalten, also 16 bar weniger als von der Norm für Ex-d Kabelleitungseinführungen gefordert. Der Test hat klar gezeigt, dass die Leitung aufgrund ihres nicht kompakten Aufbaus, sowie der nicht-runden Verseilung, ungeeignet ist.*

Anschlussräume in erhöhter Sicherheit (Ex-e) müssen keinem hohen Druck standhalten. Hier leiten sich die Anforderungen an Kompakt- und Rundheit der Leitung aus der Schutzart, sowie der Bauform der Ex-e KLEs her.

### **2.3 Einbettung und Füllstoffe**

Jegliche Einbettungen oder Mäntel müssen extrudiert sein. Füllstoffe, falls vorhanden, dürfen nicht hygroskopisch sein...

Druck- oder Schlauchextrusion sind heute Standardverfahren in der Kabelproduktion und handelsübliche Leitungen sind mit nicht-hygroskopischen Füllstoffen versetzt. Sollten Sie bezüglich dieser beiden Parameter unsicher sein, fragen Sie beim Hersteller der Leitung nach.

### **2.4 Potentieller Flammen- und/oder Zünddurchschlag**

Theoretisch kann es vorkommen, dass es, insbesondere bei großen druckfesten Gehäusen, in welchen die Explosionsdrücke entsprechend hoch sind, zu einem Zünddurchschlag durch das Kabel kommt. Dieser Sachverhalt wird in der IEC/EN 60079-14 nur sehr allgemein im Kapitel 9.3.2. behandelt. Sinngemäß heißt es dort: Wo ein Flammendurchschlag durch die Leitung (z.B. Lücken zwischen Adern) auftreten kann, ist dieser zu verhindern. Wann, bzw. bei welchen Leitungen, so etwas passieren und wie es verhindert werden kann, wird hier leider nicht weiter erörtert. Die technischen Hintergründe werden in den beiden folgenden Unterkapiteln erläutert.

#### **2.4.1 Potentielle Zünddurchschläge zwischen Aderisolierungen**

Kupferleiter und ihre Isolierungen sind in der Regel rund. Werden solche Elemente miteinander verseilt und nicht druckextrudiert, entstehen Zwischenräume, durch die Luft und folglich auch Gas, entweichen kann. Ist die „Geometrie“ (Länge-zu-Breite-Verhältnis) der Zwischenräume schlechter als die Geometrie des zünddurchschlagssicheren Spaltes des Gehäuses, so ist die Leitung das Nadelöhr der Ex-d Schutzart (siehe hierzu Bild 2-4: Zünddurchschlag 2 – Leitungszwischenräume).

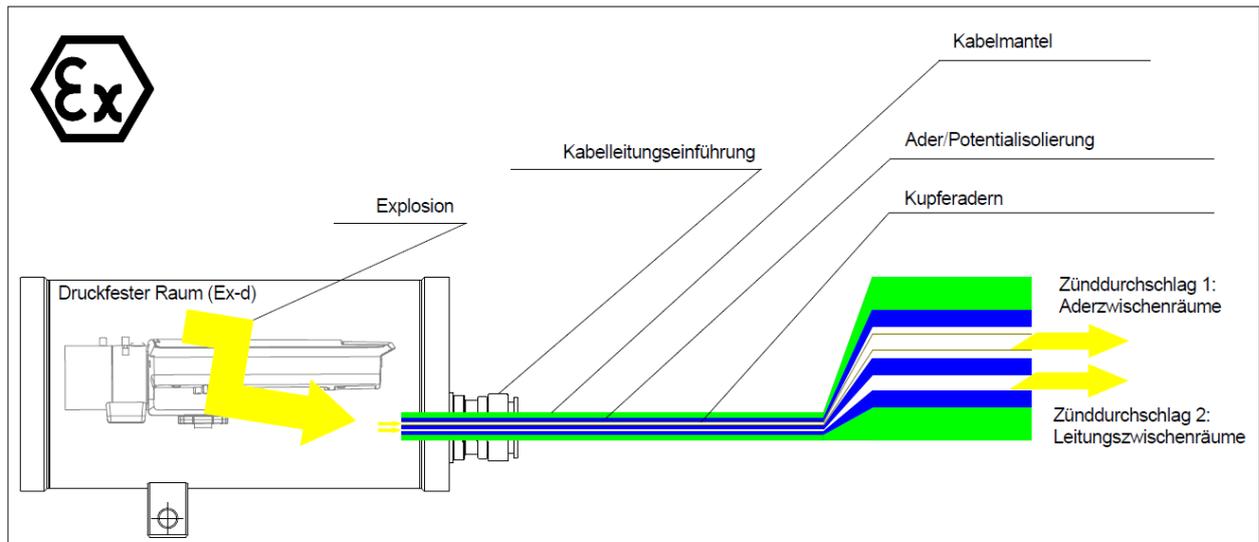


Bild 2-4: Skizze zum Zünddurchschlag in Leitungen

Die kausale Folge ist, dass die Länge und die mechanische Robustheit der Leitung wichtige Parameter sind. Je länger die Leitung ist, desto größer ist das Länge-zu-Breite-Verhältnis eines potentiellen Spaltes; desto sicherer ist das System.

#### Wann ist mit dieser Gefahr zu rechnen?

Diese Gefahr besteht, wenn die Leitung nicht den Kriterien gegen die Zonenverschleppung entspricht, also über eine schlechte Längsdichtheit<sup>5</sup> verfügt (siehe Folgekapitel und Anhang E der IEC/EN 60079-14).

#### Wie kann dieser Gefahr begegnet werden?

Hier schlägt die IEC/EN 60079-14 zwei mögliche Maßnahmen vor:

Die erste mögliche Maßnahme ist die Verwendung von Barriereverschraubungen (siehe IEC/EN 60079-14 Kapitel 10.6.2). Bei solchen Verschraubungen werden die Zwischenräume der Aderisolierungen mit Knetmasse oder Vergussharz (Compound) gefüllt. Solche Barriereverschraubungen verhindern sicher einen Zünddurchschlag zwischen den Aderisolierungen. Der Nachteil solcher Verschraubungen ist der erhebliche „handwerkliche“ Montageaufwand. Zudem lassen sich solche Verschraubungen im Winter auf der Anlage nicht montieren, da der Compound eine Mindesttemperatur braucht um auszuhärten. Die Zweite mögliche Maßnahme, ist, ausreichende Robustheit vorausgesetzt, ein möglichst langes Kabel zu verwenden. Hier schreibt die IEC/EN 60079-14 in Kapitel 10.6.2 eine Mindestlänge von drei Metern vor. Dies ist durchaus sinnvoll; hat die Länge der Leitung doch direkten Einfluss auf das Länge-zu-Breite-Verhältnis der Leitung.

<sup>5</sup> Der Begriff der guten oder schlechten Längsdichtheit wird in den Folgekapiteln klar definiert.

## 2.4.2 Potentielle Zünddurchschläge zwischen Aderzwischenräumen

Oft werden in Leitungen Einzeldrähte verseilt (Litze). So beschreibt zum Beispiel AWG22/7 eine Litze mit 7 rundverseilten Einzeldrähten, während es sich bei AWG22/1 um einen starren Draht handelt. Auch beim Verseilen runder Einzeladern entstehen Zwischenräume, die zu einer ähnlichen Problematik führen können wie oben beschrieben. Auch hier entsteht im ungünstigsten Fall ein schlechtes Länge-zu-Breite-Verhältnis des Aderzwischenraumes und der zünddurchschlagsichere Spalt des gesamten Schutzsystems wird verschlechtert.

### Wann ist mit dieser Gefahr zu rechnen?

Wenn die Leitung nicht den Kriterien gegen die Zonenverschleppung entspricht, also über eine schlechte Längsdichtheit (siehe Folgekapitel und Anhang E der IEC/EN 60079-14) verfügt.

*Anmerkung: Der Effekt des Zünddurchschlags durch Aderzwischenräume ist bei hohen Querschnitten schon geometriebedingt größer als bei niedrigeren Querschnitten. Uns ist lediglich eine Baumusterprüfung mit einem nachgewiesenen Zünddurchschlag bei einer sehr kurzen Leitung (Ex-d – Ex-e Aderleitungsdurchführung) mit einem Nennquerschnitt von 95mm<sup>2</sup> bekannt.*

### Wie kann dieser Gefahr begegnet werden?

Eine Barriereverschraubung wendet die Gefahr nicht ab, prüfen Sie deshalb das Betriebsbuch auf maximal zulässige Querschnitte und Kabellängen. Wenden Sie sich im Zweifelsfall an den Hersteller des Ex-d Gerätes und lassen Sie sich die Verwendbarkeit von Kabel und Kabelleitungseinführung bestätigen. Achten Sie auch hier auf die mechanische Robustheit des Kabels und auf die geforderte Mindestlänge von 3 Metern.

## 2.5 Potentielle Zonenverschleppung & Längsdichtheit

Die „Längsdichtheit“ oder auch „Druckfestigkeit in Längsrichtung“ oder auch „Längsatmung“ ist eine Kabeleigenschaft. Sie leitet sich von der Konstruktion der Leitung ab und kann präzise gemessen werden. Die „Längsdichtheit“ einer Leitung (so wollen wir diese Eigenschaft im Folgenden nennen) ist hinsichtlich des Ex-Schutzes gleich in Zweierlei Hinsicht ein wichtiges Kriterium:

1. Leitungen mit einer guten Längsdichtheit sind sicherer hinsichtlich potentieller Zünddurchschläge (Gerätesicherheit!)  
Siehe hierzu das vorige Kapitel.
2. Leitungen mit einer guten Längsdichtheit verhindern zuverlässig Zonenverschleppungen (Anlagensicherheit)

Dies sind zwei gute Gründe, die Längsdichtheit und den Begriff der Zonenverschleppung näher zu beleuchten!

### Was versteht man unter Längsdichtheit?

Was die Längsdichtheit ist soll hier anhand unseres Prüfstandes zur Messung der Kabel-Längs-Dichtheit (Bild 2-5) erklärt werden: Ein druckfester 5-Liter-Behälter hat zwei Anschlüsse: Einen um eine Luftpumpe anzuschließen (auf der Abbildung links) und einen weiteren, um das Kabel anzuschließen, welches man prüfen möchte (auf der Abbildung rechts).

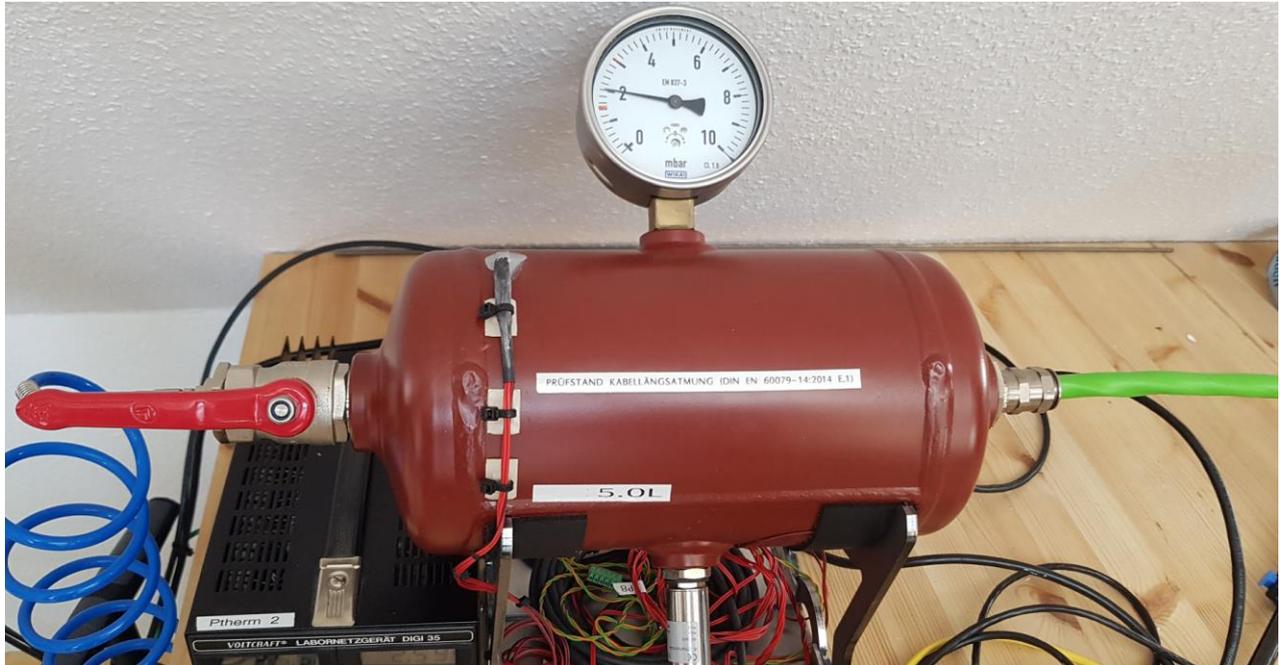


Bild 2-5: Prüfstand zur Messung der „Kabel-Längs-Dichtheit“ von Leitungen

Was würde passieren, wenn man den Behälter, z.B. mit 300Pa (das ist nicht viel) aufpumpt? Das Ergebnis spielt sich zwischen zwei Extremen ab:

Ist das Kabel, welches auf der Abbildung rechts angeschlossen ist, in Längsrichtung hermetisch dicht, wie z.B. ein Stahlbolzen, so bleibt der Druck im Behälter bei 300Pa, da die Luft nicht entweichen kann.

Ist das angeschlossene Kabel in Längsrichtung so undicht wie ein Wasserschlauch, so fällt der Behälterdruck rasch ab.

Fazit: Wenn man die Zeit stoppt, die für einen definierten Druckabfall (z.B. zwischen 300Pa und 150Pa) benötigt wird, erhält man ein zuverlässiges Kriterium für die Längsdichtheit: Leitungen mit guter Längsdichtheit brauchen mindestens 5 Sekunden, bis der Druck von 300Pa auf 150Pa abfällt. Bei Leitungen mit schlechter Längsdichtheit fällt der Druck deutlich schneller ab.

*Anmerkungen: LWL Breakoutkabel halten Druckabfall kürzer als eine Sekunde!*

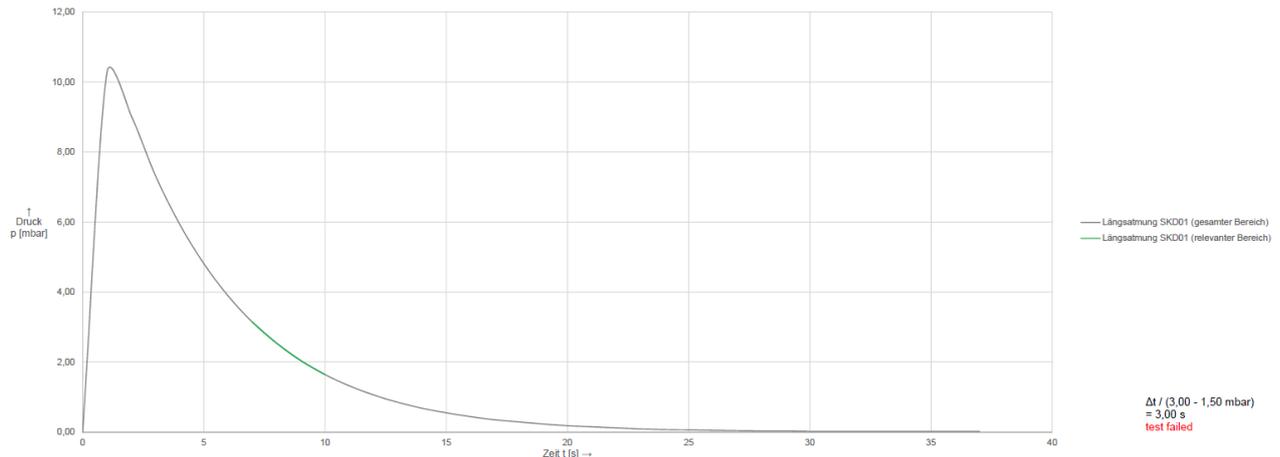


Bild 2-6: Messung einer Leitung mit schlechter Längsdichtheit (nicht bestanden)

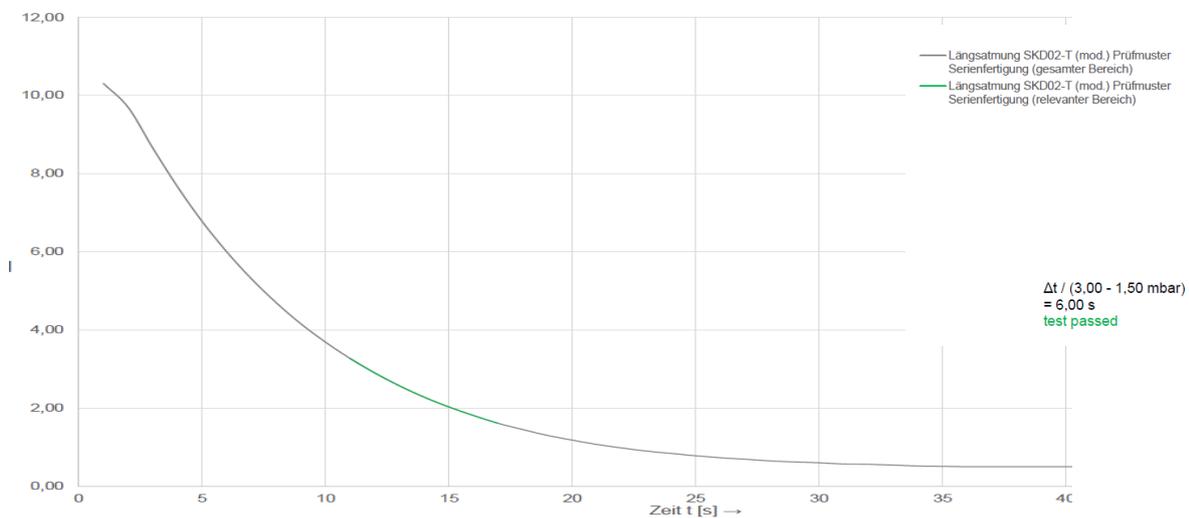


Bild 2-7: Messung einer Leitung mit guter Längsdichtheit (bestanden)

### Was versteht man unter Zonenverschleppung?

Kabel werden verwendet, um Geräte, ggf. über Klemmkästen, mit Schaltschränken zu verbinden. Explosionsgeschützte Geräte befinden sich in der Regel in Ex-Zone 1 oder Ex-Zone 2, wohingegen Schaltschränke sich in der Regel in sicheren Bereichen befinden. Daraus ergibt sich, dass das Kabel, welches ein Gerät mit einem Schaltschrank verbindet in der Regel auch zwei unterschiedliche Ex-Zonen, z.B. die Ex-Zone 1 mit dem sicheren Bereich, verbindet. Wenn nun eine schlechte Längsdichtheit der Leitung sowie ungünstige Druckverhältnisse zusammenkommen, kann es zu einer Gaswanderung durch die Leitung kommen. Zündfähiges Gas könnte somit in den sicheren Bereich vordringen, wo es wiederum gezündet werden könnte. Diesen Effekt der ungewollten Gaswanderung nennt man Zonenverschleppung (siehe Bild 2-7).

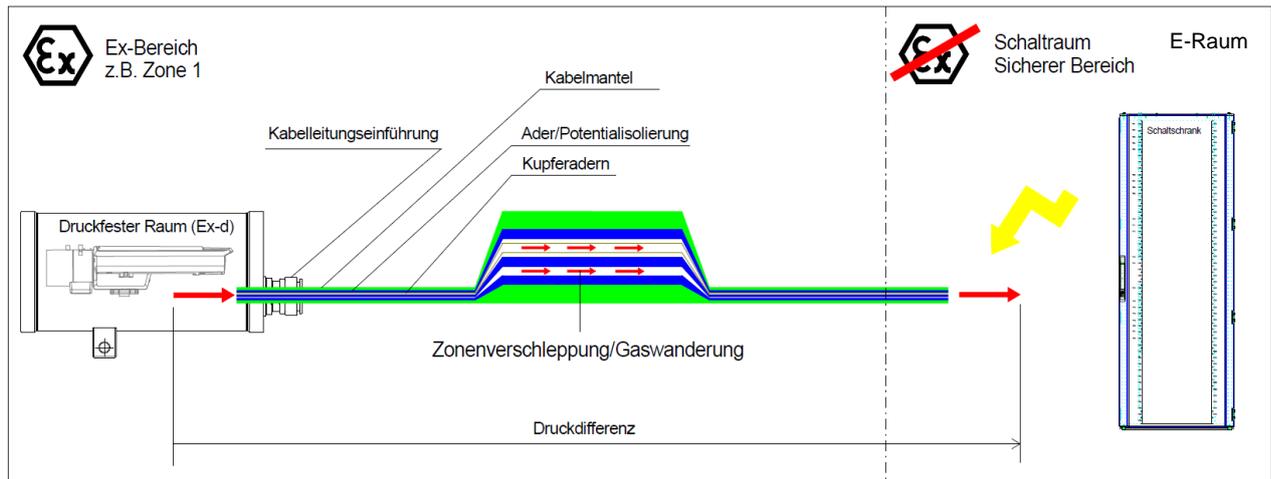


Bild 2-7: Skizze zur Zonenverschleppung

### Wie kann dieser Gefahr begegnet werden?

Falls möglich sollten Sie Leitungen verwenden, die über eine gute Längsdichtheit verfügen und den oben beschriebenen Kriterien der IEC/EN 60079-14 standhalten.

Falls dies nicht möglich ist, z.B. bei LWL Leitungen, verbessern Barriereverschraubungen die Situation da sie zuverlässig die Gaswanderung durch die Isolationszwischenräume verhindern. Wer wirklich viele Leitungen mit schlechter Längsdichtheit in einen E-Raum rangieren muss, kann zudem noch die Möglichkeit in Erwägung ziehen den E-Raum, z.B. mittels geeigneter Klimatisierung auf einen leichten atmosphärischen Überdruck anzuheben. Durch leichten Überdruck des E-Raumes gegenüber dem Feld kann man kritische Zoneverschleppungen vermeiden.

## 3 Umwelt, Prozess und Anwendungsparameter

### 3.1 Flammwidrigkeit

Die Anforderungen an die Flammausbreitung werden im Kapitel 9.3.9 der IEC/EN 60079-14 festgelegt: Sie müssen flammwidrig gemäß IEC 60332-1-2 bzw. IEC 60332-2-2 sein. Im Konkreten heißt dies, dass die Leitung mit einer 1KW Flamme „angezündet“ wird und es dann nicht zur Ausbreitung der Flamme kommen darf.

Ansonsten würde ein zündfähiger Funke von einem Brand im sicheren Bereich über das Kabel in den Ex-Bereich übertragen, was unweigerlich zu einer Explosion führen würde.

Die Norm nennt hier die Optionen brandsichere Verlegung oder Brandbarrieren, falls flammwidrige Leitungen für diese Anwendungen nicht verfügbar sind, auch Brandschottungen kommen in der Praxis häufig vor. Wo möglich, projektieren Sie mit flammwidrigen Leitungen.

### 3.2 UV-Beständigkeit

Wenn die Leitungen im Ex-Bereich UV Strahlen ausgesetzt sind, ist die UV Beständigkeit der Leitung eine sehr wichtige Eigenschaft, da nicht UV-beständige Leitungen unter UV-Strahlung Ihre Festigkeit verlieren und porös werden. Die wichtige Anforderung an die Robustheit des Mantels ist dann nicht mehr gewährleistet. Die IEC/EN 60079-14 behandelt die Gefahr durch UV-Strahlung lediglich in Kapitel 9.3.7, wo man aufgefordert wird, das Kabel so zu verlegen, dass es vor UV-Strahlung geschützt ist, was in der Praxis allerdings nicht immer möglich ist.

#### Wie kann dieser Gefahr begegnet werden?

Verwenden Sie bei der Gefahr von UV-Strahlung immer UV-beständige Leitungen und lassen Sie sich die UV-Beständigkeit vom Kabelhersteller bestätigen. Für die Praxis geeignete Kriterien liefert hier die UL 2556 Sec. 4.2.8.5 (720h).

### 3.3 Oberflächentemperatur

Kabel und Leitungen können, je nach Strombelastung, heiß werden. Heiße Oberflächen können im Ex-Bereich zünden, (die Zündtemperatur von Schwefelkohlenstoff liegt bereits bei 95°C). Insofern ist es klar, dass eine Leitung nicht heißer werden darf, als das Betriebsmittel welches von Ihr versorgt wird. Oder anders formuliert: Die Oberflächentemperatur von Kabeln darf die Temperaturklasse für die Anlage nicht überschreiten. Die IEC EN 60079-14 behandelt diese Frage in Kapitel 9.3.8.

### 3.4 Umgebungstemperatur

Dieser Punkt wird in der Errichter Norm nicht definiert, wahrscheinlich, weil er selbsterklärend ist: Ein Kabel muss innerhalb der vom Hersteller angegebenen Umgebungstemperaturen eingesetzt werden.

### 3.5 Öl- und Schlamm-Beständigkeit

Oft fallen, insbesondere im Offshore Bereich, explosionsgefährdete Bereiche und Bereiche mit Öl- oder Bohrschlammbelastung zusammen. Zum Beispiel die „Shaker-rooms“ auf Bohrplattformen. Hier sollte darauf geachtet werden, dass die Leitungen diesen Umgebungsbedingungen standhalten. Auch hier ist die Grundregel: Die ex-relevanten Kerneigenschaften der Leitungen dürfen nicht durch Öl- oder Bohrschlammbelastung aufgehoben werden.

Die Errichter-Norm IEC/EN 60079-14 behandelt beide Punkte nicht. Hilfreich sind die Standards IEC 60811-2-1 (z.B. IRM 902, 4h bei 70°C) für die Ölbeständigkeit sowie die norwegische Norm NEK 606 für die Schlammbeständigkeit.

Fragen Sie auch hier im Zweifelsfall beim Kabelhersteller an, ob für die entsprechende Leitung die relevanten Tests gemacht wurden.

## 4 Installation

Da der europäische sowie der IEC- Explosionsschutz sich auf die Geräte – nicht auf die Kabel – bezieht, sind diese geschützt zu verlegen. Die IEC/EN behandelt das Installations-thema in Kapitel 9.3.7 „Vermeidung von Beschädigungen“.

Die wesentlichen Regeln sind:

- Verlegen Sie die Kabel so geschützt, dass sie allen potentiellen mechanischen, chemischen und Umweltgefährdungen standhalten.
- Beachten Sie die maximal zulässigen Biegeradien (min.  $8 \times D_a$ ).
- Biegen Sie nicht direkt hinter der KLE – lassen Sie das Kabel ein paar Zentimeter (min. 2,5 cm) hinter der KLE gerade.

## 5 Flexible Kabel für ortsfeste oder ortsveränderliche Geräte

Generell können im Ex-Bereich auch flexible Leitungen für ortsfeste Geräte verwendet werden. Oft sind hier Schleppkettenleitungen gefordert. Hier lohnt sich ein detaillierter Blick in die Anwendung. Wie viele Zyklen bei welchem Biegeradius und bei welcher Temperatur beanspruchen die Leitung? Stimmen Sie die Notwendigkeiten der Anwendung mit dem Kabelhersteller ab. Die Norm ist hier recht schwammig: Von widerstandsfähiger kunststoff-isolierter Leitung – bis zur leichten Gummischlauchleitung darf alles projektiert werden, solange sichergestellt ist, dass die Leitung nicht beschädigt werden kann. Wer flexible Lei-tung für ortsveränderliche Geräte projektieren muss, sollte auch bezüglich der maximalen Spannungen, Ströme, Querschnitte, sowie der Erdungsanforderungen einen Blick in Kapi-tel 9.3.2 und 9.3.3 der Errichter Norm (IEC/EN 60079-14) werfen.

## 6 LWL Leitungen

LWL Leitungen, insbesondere solche die direkt in druckfeste Räume eingeführt werden, sind im Ex-Bereich potentiell kritischer als Kupferleitungen. Hierbei geht es nicht um die Frage, wie viel Energie transportiert wird<sup>6</sup>, sondern vielmehr darum, wie längsdicht eine Leitung konstruiert und gebaut werden kann. In der Praxis sind uns weder klassische LWL Leitungen mit oder ohne Kabelaufteiler, noch „Breakout-kabel“ bekannt, welche den Krite-rien an Längsdichtheit gemäß Anhang E der IEC/EN 60079-14 genügen.

---

<sup>6</sup> Diese Frage richtet sich an das Gerät. Sie ist abhängig von der verwendeten Zündschutzart und wird explizit in der IEC/EN 60079-28 behandelt.

Klassische LWL Kabel mit Kabelaufteiler oder Spleißfeld erfordern viel Platz. Für eine solche Installation empfiehlt sich die Verwendung eines Ex-e Anschlussraumes. Dieser verhindert sicher den Zünddurchschlag durch die Leitung, nicht aber eine potentielle Zonenverschleppung.

Breakoutkabel können recht einfach in Ex-d Räume eingeführt werden. Sie sind dadurch definiert, dass sie hinsichtlich der Stecker- Konfektionierung bereits vorkonfektioniert sind.

Für LWL Leitungen haben sich die folgenden „Praxisregeln“ bewährt:

1. Verwenden Sie für die Einführung in druckfeste Räume grundsätzlich Barriereverschraubungen um die Gefahr eines Zünddurchschlages durch die Leitungen zu minimieren.
2. Legen Sie hohen Wert auf die mechanische Robustheit und Rundheit der Leitung (siehe Kapitel 2).
3. Fragen Sie im Zweifelsfall den Hersteller der KLE, ob diese mit der von Ihnen gewählten LWL Leitung sicher ist.

## **7 Auswahl der Kabelleitungseinführung**

Die Auswahl geeigneter Kabelleitungen ist detailliert in Kapitel 10 der IEC/EN 60079-14 beschrieben. Unter den oben beschriebenen Kriterien kann man folgende Regeln aus der Projektierungspraxis für direkte Ex-d Einführungen ableiten:

1. Verwenden Sie immer geräte zertifizierte<sup>7</sup> KLEs, die sowohl hinsichtlich der Ex-Parameter, als auch hinsichtlich der Umgebungsparameter zu Ihrem Ex-Gerät passen.
2. Wenn alle in Kapitel 2 genannten Parameter eingehalten werden und die Leitung mindestens 3 Meter lang ist, können gummiringabdichtende Verschraubungen verwendet werden.
3. Wenn die Leitung kürzer als drei Meter ist, verwenden Sie Barriereverschraubungen.
4. Wenn die Gefahr der Zonenverschleppung besteht und die Leitung nicht ausreichend längsdicht ist, so müssen Sekundärmaßnahmen eingeleitet werden um die Zonenverschleppung zu verhindern.

---

<sup>7</sup> Siehe hierzu Tutorial: ATEX Geräte- vs. Komponenten- Bescheinigung

*Anmerkung: Diese Praxisregeln entbinden den Leser nicht von einem Studium der IEC/EN 60079-14. SAMCON übernimmt keine Haftung für die obigen Empfehlungen.*

Quellen:

Richtlinie 2014/34/EU

IEC/EN 60079-0

IEC/EN 60079-1

IEC/EN 60079-7

IEC/EN 60079-14

UL 2556 Sec. 4.2.8.5 (720h)

NEK 606

IEC/EN 60811-2-1

## 8 Muster Konformitätserklärung

# Herstellereklärung

*Declaration of manufacturer / Déclaration de fabricant*

*Der Hersteller / The manufacturer / Le fabricant*

**SAMCON Prozessleittechnik GmbH**  
**Schillerstraße 17**  
**35102 Altenvers**

erklärt in alleiniger Verantwortung, dass sein Produkt  
*declares under his sole responsibility, that his product*  
*déclare sous sa seule responsabilité, que son produit*

**SAMCON<sup>®</sup> SKD02-T**

**(ANR.: 26020400)**

gekennzeichnet mit / *marked with* / *marqué avec*

**WWW.SAMCON.EU SKD02-T / Cat.6A / 4x2xAWG23/1 - <Chargennummer> - <xxxxx> m**

auf das sich diese Erklärung bezieht, mit der/den folgenden Normen oder normativen Dokumenten  
übereinstimmt:

*referred to by this declaration is in conformity with the following standards or normative documents:*

*auquel se rapporte la présente déclaration, est conforme aux normes ou aux documents normatifs suivants:*

### **DIN EN 60079-14 Kapitel 9.3 & Anhang E**

„Kabel und Leitungen, die für die feste Verlegung in explosionsgefährdeten Bereichen verwendet werden, müssen für die Umgebungsbedingungen im Betrieb geeignet sein. Kabel und Leitungen müssen sein:“

„...ummantelt mit einem thermoplastischen, duroplastischen oder elastomeren Werkstoff“ sein. „Sie müssen kreisförmig und kompakt sein. Jegliche Einbettungen oder Mäntel müssen extrudiert sein. Füllstoffe, falls vorhanden, dürfen nicht hygroskopisch sein.“

„Kabel und Leitungen für äußere feste Verlegung müssen solche Kennwerte für die Flammenausbreitung aufweisen, dass sie die Prüfungen nach IEC 60332-1-2 bestehen“

„Kabel und Leitungen müssen UV-Beständig sein und im Außenbereich verlegt werden können“

„Ein Stück Kabel mit einer Länge von 0,5 m sollte typgeprüft werden, indem es unter konstanten Temperaturbedingungen in ein abgedichtetes Gehäuse von 5 l ( $\pm 0,2$  l) eingebaut wird. Das Kabel gilt als zulässig, wenn die Zeitspanne, die erforderlich ist, um einen inneren Überdruck von mindestens 0,3 kPa (30 mm Wassersäule) auf 0,15 kPa (15 mm Wassersäule) fallen zu lassen, nicht weniger als 5 s beträgt.“

„Der Mantel sollte kreisrund verseilt sein und aus mechanisch ausreichend dickem PUR bestehen.“

„Das Kabel sollte hinsichtlich sämtlicher Eigenschaften verlegt einer Umgebungstemperatur von -60°C bis +80°C standhalten“



Digital unterschrieben von Steffen  
Seibert  
DN: cn=Steffen Seibert,  
o=SAMCON, ou,  
email=s.seibert@samcon.eu, c=DE  
Datum: 2019.08.29 15:54:21  
+02'00'

Dipl.-Ing. Steffen Seibert (GF)  
SAMCON Prozessleittechnik GmbH

**SAMCON Prozessleittechnik GmbH**

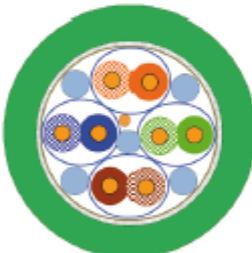
Schillerstraße 17  
D-35102 Lohra-Altenvers

www.samcon.eu  
T: +49 6426-9231 0 / F: +49 6426-9231 31

Lohra-Altenvers, den / the / le 29.08.2019

190829-SKDP02-T Konformitätserklärung 60079-14.doc

## 9 Beispielleitungen

| Produkt / Modell   |   | Beschreibung   |
|--|---|--|
| <b>SKDo1-T</b><br>    |    | Systemkable Digital Nr.01 - T<br>Spezialleitung für den Einsatz bei arktischen Temperaturen (-60°C)<br>Außendurchmesser: $\varnothing 9,1 \pm 0,2$ mm<br>Material: PUR - flammwidrig (IEC 60322-1-2 1KW Flamme)<br>Aufbau: 4 x 2 x AWG22/1 geschirmt   |
| <b>SKDo2-T</b><br>    |    | Systemkable Digital Nr.02 - T<br>Spezialleitung mit Ex-Freigabe gemäß IEC/EN 60079-14 für den Einsatz bei arktischen Temperaturen (-60°C)<br>Außendurchmesser: $\varnothing 8,9 \pm 0,3$ mm<br>Material: PUR - flammwidrig (IEC 60322-1-2 1KW Flamme)<br>Aufbau: 4 x 2 x AWG23/1 geschirmt<br><br>Hochgeschwindigkeits-CAT6-Ethernetleitung zur industriellen Anwendung bei fester Installation  |
| <b>SKDPo3-T</b><br> |  | Systemkable Digital Nr.03 - T<br>Spezialleitung mit Ex-Freigabe gemäß IEC/EN 60079-14 für den Einsatz bei arktischen Temperaturen (-60°C)<br>Außendurchmesser: $\varnothing 12,4 \pm 0,3$ mm<br>Material: PUR - flammwidrig (IEC 60322-1-2 1KW Flamme)<br>Aufbau: 4 x 2 x AWG23/1 geschirmt GN J/W 3G1.5<br><br>Hochgeschwindigkeits-CAT6-Ethernetleitung zur industriellen Anwendung bei fester Installation mit zusätzlichen Power Elementen |

### Features für explosionsgefährdete Bereiche:

-  Die Leitung erfüllt die Bestimmungen für Leitungen in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß IEC/EN 60079-14 Kapitel 9.3.
-  Die Leitung erfüllt die Bestimmungen für Leitungen in explosionsgefährdeten Bereichen zur Vermeidung von Zonenverschleppung gemäß IEC/EN 60079-14 Anhang E.

### Umgebungsbedingungen:

-  Die Leitung ist geprüft für -60°C fest verlegt.  
Siehe Temperaturen bei Installation und flexiblem Gebrauch im Datenblatt.
-  Die Leitung ist geprüft für +80°C fest verlegt.  
Siehe Temperaturen bei Installation und flexiblem Gebrauch im Datenblatt.
-  Die Leitung ist beständig bei Sonnenlicht gemäß UL 2556 Abs. 4.2.8.5 (720h).
-  Die Leitung ist flammwidrig gemäß IEC 60332-1-2.
-  Die Leitung ist ölbeständig gemäß IEC 60811-2-1 (IRM 902, 4h bei 70°C).
-  Die Leitung ist schlammbeständig gemäß NEK 606.
-  Die Leitung ist schleppkettentauglich: 1 Million Biegezyklen, Biegeradius 20 x D, bei einer Geschwindigkeit von 4 m/s, Beschleunigung 4 m/s<sup>2</sup>, max. Fahrtstrecke 10 m bei 20°C.

## 10 Notizen



**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

