



# Technische und wirtschaftliche Betrachtungen

## zum Einsatz elektrischer Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen der Zone 2

von Prof. Dr.-Ing. Ulrich Johannsmeyer, Dr.-Ing. Heribert Oberhem und Prof. Dr.-Ing. Hans Wehinger



Explosionsschutz elektrische Geräte der Kategorie 2 nach Richtlinie RL 94/9/EG zum Einsatz in Zone 1 sind in einem weiten Spektrum und in vielfältigen Ausführungen auf dem Markt erhältlich. Geräte der Kategorie 3 zum Einsatz in Zone 2 sind vergleichsweise nur spärlich für einzelne Gerätearten verfügbar. In der chemischen und petrochemischen Industrie werden explosionsgefährdete Bereiche in jüngerer Zeit zunehmend als Zone 2 klassifiziert. Auch dort, wo früher aus Gründen der Vereinheitlichung Zone 1 galt, ist heute als Auswirkung eines wachsenden Kostendruckes eine weniger konservative Einstufung der Gefahrzone üblich geworden. Typische Beispiele für Zone-2-Bereiche in der chemischen und petrochemischen Industrie sind:

Freiluftanlagen mit kontinuierlichem Prozess

- › natürliche Lüftung
- › in der Regel geschlossene Apparate, sowie

Anlagen mit hohem Automatisierungsgrad, gekennzeichnet durch:

- › geschlossene Apparate
- › geschlossenes Abluftsystem, sowie eingehauste Anlagen mit technischer Lüftung.

Als aktuelles Beispiel kann die Einstufung von Gefahrbereichen bei der BASF AG dienen. Hier erkennt man die nicht unerhebliche Bedeutung der Zone 2 (Bild 1). Aus der Größe der in Zone 2 eingestuft explosionsgefährdeten Bereiche wäre demnach ein größerer Markt an verfügbaren Geräten anzunehmen.

Dieser scheinbare Widerspruch wird verständlich aus der historischen Entwicklung und den derzeitigen technischen Anforderungen aus der Normung. In den alten deutschen Vorschriften nach VDE 0165 waren keine detaillierten Anforderungen für Betriebsmittel zum Einsatz in Zone 2 enthalten; die wesentlichen Vorgaben waren ›gute Industriequalität‹ und ›betriebsmäßig keine Zündquellen erzeugend‹. Dies führte teilweise zu einem Meinungsbild, dass ›Zone 2-Geräte‹ nur ›halb-Ex‹ sind. Außer bei Hängeleuchten und großen Antrieben gab es keine nennenswerte Nachfrage nach speziellen Geräten für die Zone 2.

Im Zuge der Angleichung und Präzisierung der europäischen Normung entstand in mehreren Entwicklungsschritten die Norm EN 50021: 1999, Zündschutzart ›n‹ [1], die auf knapp 60 Seiten die Anforderungen beschrieb, die sich aus den Vorgaben der RL 94/9/EG ergaben: ›Die Geräte sind so zu konstruieren und herzustellen, dass vorhersehbar zu erwartende Zündquellen, die bei normalem Betrieb auftreten können, vermieden werden‹ (Anhang II 2.3).

Durch die Zielsetzung der internationalen Angleichung von IEC und CENELEC wurde die Norm IEC-EN 60079-15:2005 [2] geschaffen, die auf 80 Seiten ein angehobenes Anforderungsprofil gegenüber der Vorgängernorm EN 50021 beschreibt und in vielen Details die technisch gleichen Merkmale wie die Norm EN 60079-0 [3] für Geräte zum Einsatz in Zone 1 enthält. Spätestens seit dem 30.06.2003 dürfen Geräte für den Einsatz in der Zone 2 nur noch in Verkehr gebracht werden,

wenn sie zusätzlich die Bedingungen nach der RL 94/9/EG erfüllen und als Geräte der Kategorie 3G gekennzeichnet sind.

Erstmals wird in IEC 60079-0:2007 [4] auf das in IEC neu eingeführte Konzept der »Equipment Protection Level (EPL)« eingegangen, das das Schutzniveau von Geräten und Anlagen definiert. Die EPLs sind wiederum mit den bekannten Gefahrzonen (Zone 0,1,2 bei Gasen/Dämpfen) korreliert. Im Bereich der Europäischen Richtlinie 94/9/EG sind mit den EPLs die Gerätekategorien vergleichbar. Dem EPL »Ga« entspricht hier die Kategorie 1G, dem EPL »Gb« die Kategorie 2G und dem EPL »Gc« die Kategorie 3G. Die speziell für den EPL »Gc« vorgesehenen Schutzkonzepte sind in Tabelle 1 aufgelistet.

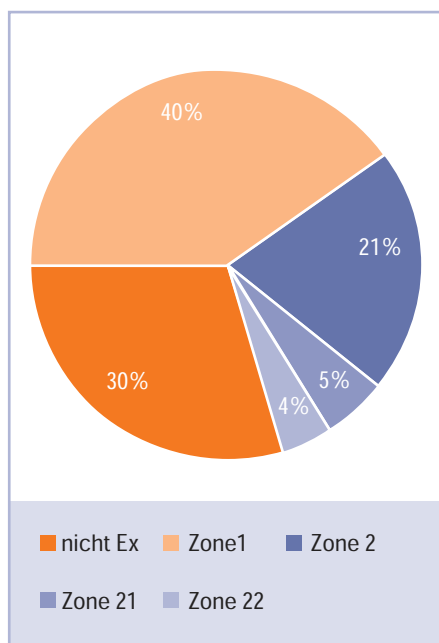


Bild 1: Flächenanteil bei Produktionsanlagen der BASF AG (ohne Büro- und Sozialbereiche)

Durch den technischen Fortschritt der »guten Industriequalität« und aufgrund dieser Normenentwicklung ist der technische Abstand für Geräte der Kategorie 3 – Zündschutzart »n« – immer kleiner geworden gegenüber den üblichen Geräten der Kategorie 2.

Im Folgenden soll aufgezeigt werden, bei welchen Gerätegruppen aus heutiger Sicht eine eigenständige Gerätelinie für Zone 2 zur Abgrenzung gegenüber Geräten für Zone 1 sinnvoll erscheint. Dabei soll für Zone 2 der Frage nachgegangen werden, wo die Erleichterungen gegenüber den Anforderungen an Kategorie 2 (Zone 1) sind, und es sollen technische Aspekte im Vordergrund stehen; marktspezifische Gesichtspunkte insbesondere auf internationaler Ebene können durchaus zu anderen Schlussfolgerungen führen. Diese Betrachtungen sind überwiegend angebotsorientiert; aus der Sicht des Betreibers wird die Nachfrageseite nur an einigen wesentlichen technischen Stellen berücksichtigt.

### Asynchronmotoren

Antriebe in explosionsgeschützter Ausführung mit Käfigläufern sind in großer Zahl vorhanden, insbesondere in der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit »e«. Die Vorgaben für den mechanischen Aufbau in Zündschutzart »n« für Zone 2 sind inzwischen analog zu denen in der Zündschutzart »e«. Eine wesentliche Erleichterung ergibt sich aus der Tatsache, dass für die Zündschutzart »n« sicherheitstechnisch nicht der Motorstillstand unter Spannung (Kurzschluss) betrachtet werden muss, denn dies wäre nicht der »Normalbetrieb«. Daraus ergibt sich eine einfachere Prüfung – keine Bestimmung der  $t_E$ -Zeit – und es ist kein zertifizierter Motorschutz erforderlich. Aus Sicht des Explosionsschutzes hat der Motor nach »n«

gegenüber demjenigen nach »e« dadurch eine Leistungsreserve, die jedoch nur bei höheren Nennleistungen technisch und wirtschaftlich von Bedeutung ist. Daher ist die Zündschutzart »n« auch eher bei Großmaschinen vorzufinden.

### Installationstechnik

Steuer- und Verteilerkästen für explosionsgeschützte Anlagen werden in großer Stückzahl benötigt. Die Gehäuse, meistens aus Kunststoff, müssen hohen Anforderungen im Hinblick auf mechanische Festigkeit (Schlagprüfung), Schutzgrad (IP 54) und Werkstoffeigenschaften (z.B. Klimalagerung) genügen. Die normativen Vorgaben für »n« und »e« sind heute gleich. Auch die Anschlusssteile müssen gleichen Bedingungen genügen. Spezielle Reihenklemmen für »n« sind daher nicht erhältlich.

Die Luft- und Kriechstrecken innerhalb des Gehäuses sind zwar reduziert, ein wesentlicher wirtschaftlicher Vorteil ergibt sich daraus nicht. Insgesamt ist dadurch nur ein geringes Einsparpotential erkennbar.

### Langfeldleuchten

Für den Explosionsschutz der Langfeldleuchten ist das Gehäuse ein wichtiger Baustein mit vergleichbaren Anforderungen wie bei Verteilerkästen. Der Wunsch nach einfacher Handhabung beim Lampenwechsel erfordert zusätzlichen Aufwand zur Einhaltung des Schutzgrades IP 54, so dass der Gesamtpreis der Leuchte erheblich durch das Gehäuse bestimmt wird. Für die Gehäuse der Leuchten in »e« und »n« gelten inzwischen die gleichen Anforderungen; die »gute Industriequalität« ist damit weit übertroffen.

Die Vorschaltgeräte in den »n«-Leuchten brauchen keine eigenständige Zündschutzart zu erfüllen (Normalbetrieb). Aufgrund leicht erhöhter Vorgaben für einige Luft- →

und Kriechstrecken ist jedoch die Verwendung von Standard-EVG's nicht möglich, so dass an dieser Stelle ein möglicher Preisvorteil nicht problemlos ausgeschöpft werden kann.

Für den Betrieb der Lampe ist von Vorteil, dass die Wendel in der »n«-Leuchte nicht kurzgeschlossen sein muss wie in der »e«-Leuchte. Dadurch kann eine längere Lampenlebensdauer erwartet werden (Vorheizen der Wendel ist möglich) und die Zündung ist einfacher. Es wäre zu erwarten, dass dadurch auch die Anforderungen an die Lampenfassungen erleichtert würden.

In EN 60079-15 Ziffer 21.2.4 4 wird jedoch gefordert, dass »der Kontaktdruck ausreichend sein muss« und »die Lampenfassung ist so auszuführen, dass das Funken unter Vibrationsbedingungen verhindert ist.« Hierzu werden keine Prüfkriterien angegeben. Im Falle einer gewünschten Bauartprüfung nach »n« durch eine »Benannte Stelle« läge es nahe, dass mangels anderer Kriterien der Prüfenieur auf die bewährten Verfahren der Zündschutzart »e« zurückgreifen würde. Dadurch entstünde »n« gleich »e« für die Fassungen.

Insgesamt hat eine Langfeldleuchte nach »n« gegenüber der Ausführung nach »e« durch das gleichartige Gehäuse und einige unscharfe Prüfkriterien nur eine geringe technische Erleichterung und einen kaum erkennbaren Preisvorteil.

### Schaltgeräte

Ihrem Zweck entsprechend sind Schaltgeräte betriebsmäßig Funken gebend und stehen daher im Gegensatz zur üblichen Eigenschaft von Geräten nach Zündschutzart »n«. Folgerichtig wird beginnend mit Abschnitt 26 in EN 60079-15:2005 eine breite Varianz von Schutzmaßnahmen und eine Reihe sehr unterschiedlicher Prüfungen da-

für vorgeschlagen. Wenn Schaltleistungen der üblichen Installationstechnik verlangt werden, bleiben nur das »nicht zündfähige Bauteil« mit den Grenzwerten 254 V und 16 A oder die »umschlossene Schalteinrichtung« mit den Grenzwerten 690 V und 16 A übrig. Nach Abschnitt 33 der angegebenen Norm sind dann Typprüfungen mit Schaltversuchen unter explosionsfähiger Atmosphäre durchzuführen, ohne dass die umgebende Atmosphäre gezündet werden darf.

Für das »nicht zündfähige Bauteil« ist unter normalen Betriebsbedingungen 50-mal zu schalten mit 3 Zyklen, jeweils mit erneuertem Prüfgemisch. Bei der »umschlossenen Schalteinrichtung« sind die ungünstigsten Betriebsparameter (Spannung, Strom, Frequenz, Leistungsfaktor) zu wählen und es wird 10-mal jeweils mit erneuertem Prüfgemisch die Ein- und Ausschaltprüfung durchgeführt. Diese Prüfungen ersetzen in gewisser Weise im Vergleich zu Schaltgeräten der Zündschutzart Druckfeste Kapselung »d« die dort vorgegebenen Anforderungen an Material, Spaltmaße und Stückprüfung. Wenn man sich jedoch vor Augen führt, dass in einer Schaltkammer

von 20 cm<sup>3</sup> der Energieeintrag des verbrennenden Prüfgemisches etwa 5-mal kleiner ist als der Energieeintrag während einer Halbschwingung mit 690 V und 16 A, so muss bezweifelt werden, dass die Kriterien für Schaltgeräte zum Einsatz in Zone 2 eine Erleichterung darstellen gegenüber den bewährten Lösungen der druckfesten Kapselung. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die aufwändigen Prüfeinrichtungen nach EN 60079-15 in den »Benannten Stellen« üblicherweise nicht vorhanden sind und auch keine Baureihen von Schaltern nach dieser Norm erhältlich sind.

### Mess-, Steuerungs- und Regelungsgeräte (MSR)

Von den Schutzkonzepten für die Zone 2 werden in der Praxis am häufigsten nA (nicht funkend), nL (energiebegrenzt) und nR (schwadaysicher) angewandt. So ist das Schutzkonzept nA vorteilhaft überall dort einsetzbar, wo betriebsmäßig weder hohe Oberflächentemperaturen (oberhalb der Temperaturklassengrenzen) noch Schaltfunken auftreten.

<b>EPL</b> <b>»Gc«</b>	Eigensicherheit »ic«	»ic«	IEC 60079-11
	Vergusskapselung	»mc«	IEC 60079-18
	Nicht funkend	»nA«	IEC 60079-15
	Schwadaysicher	»nR«	IEC 60079-15
	Energiebegrenzung	»nL«	IEC 60079-15
	Kontaktschutz	»nC«	IEC 60079-15
	Überdruckkapselung	»pz«	IEC 60079-2

Tabelle 1: Schutzkonzepte für Equipment Protection Level (EPL) »Gc« (nach ATEX 94/9/EG: Kategorie 3G)



Im Bereich der Mess- und Regelungstechnik wird auch von dem Schutzkonzept nL Gebrauch gemacht, insbesondere dort, wo Stromkreise unter Spannung geschaltet oder gesteckt werden (Bild 2). Schwaden-sichere Gehäuse sind auch für betriebsmäßig funkende Einbauten oder für solche mit hohen Oberflächentemperaturen zu verwenden, z.B. bei Analysegeräten.

### Schutzkonzept nA (nicht funkend)

Das Schutzkonzept ›nicht funkend nA‹ ist vom Prinzip her an die Zündschutzart Erhöhte Sicherheit ›e‹ angelehnt. Es ist daher nur anwendbar für Geräte, die im bestimmungsgemäßen Betrieb keine Funken/Lichtbögen und keine heißen Oberflächen aufweisen. Die Anforderungen an nA-Feldgeräte nach EN 60079-15:2005 sind für MSR-Geräte speziell im Abschnitt 23 festgelegt.

Der Abschnitt 23 gilt für ›Elektronische Betriebsmittel mit niedriger Leistungsaufnahme (üblicherweise bis 20 W) für Messtechnik, Steuerungstechnik und Kommunikation‹.

Geräte dieser Art müssen:

- ein Gehäuse mit einem Schutzgrad von IP 54 haben oder in ein dementsprechendes Schutzgehäuse eingebaut werden,
- eine Bemessungs- oder Arbeitsspannung kleiner gleich 60 V AC oder 75 V DC haben,
- Einrichtungen innerhalb oder außerhalb des Gerätes haben, die Transienten auf 140% der Bemessungs-/Arbeitsspannung an den Versorgungsanschlüssen begrenzen. Die Luft- und Kriechstreckenforderungen nach Abschnitt 6.7 gelten dann nicht!

Bei diesen Geräten wird für die Zone 2 davon ausgegangen, dass wirksame Zündquellen nur in Fehlerfällen auftreten. Das wird wegen der unwahrscheinlichen Koinzidenz mit dem Auftreten von explosionsfähiger Atmosphäre als zulässig betrachtet.

### Errichtungsanforderungen bei nA-Feldgeräten

In Anlagen mit nA-Feldgeräten ist auch die Verwendung von Standard-Ex ib-Feldgeräten möglich, falls die relevanten nA-Anforderungen erfüllt werden. Die Kennzeichnung hinsichtlich der Eigensicherheit sollte dann jedoch entfernt werden, um Verwechslungen mit eigensicheren Installationen zu vermeiden, und diese Geräte sollten später dann auch nicht mehr als eigensichere Geräte verwendet werden. Im Allgemeinen werden jedoch Geräte normaler industrieller Bauart verwendet, die den Anforderungen in Abschnitt 23 von EN 60079-15: 2005 entsprechen.

Im Gegensatz zu ic- oder nL-Anlagen ist hier die direkte Anbindung an die I/O-Schnittstellen des Automatisierungssystems – auch ohne spezielle Trennstufe – möglich. Die Verbindungsleitungen dürfen nicht in blauer Farbe ausgeführt werden, da es sich nicht um eigensichere Leitungen handelt; auch die besonderen Regeln für die Errichtung eigensicherer Stromkreise gelten nicht. Vereinfachend kann auf den Nachweis über die Einhaltung der elektrischen Grenzwerte (Nachweis der Eigensicherheit) verzichtet werden. Zusätzlich ist aber eine Transientenbegrenzung – ggf. durch zusätzliche Maßnahmen – wie Transzorb-Dioden oder Varistoren – auf 140% der maximalen Arbeitsspannung erforderlich.

### Schutzkonzept ic/nL (Eigensicherheit ic, Energiebegrenzung nL)

Hierbei handelt es sich um ein Schutzkonzept, das die vereinfachte Eigensicherheit anwendet. Für die Zone 2 werden keine Fehlerzustände angenommen, d.h. die elektrischen Verhältnisse werden unter den ungünstigsten im bestimmungsgemäßen Gebrauch auftretenden Verhältnissen ➔

Ex ib	Ex ic (nL)	Ex nA
(eigensicher für Zone 1)	(eigensicher für Zone 2, energiebegrenzt)	(nicht funkend) EN 60079-15
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Wartung unter Spannung</li> <li>+ Verwendung von Standardgeräten Ex i</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Preisgünstiger bei speziellen ic oder nL I/O's</li> <li>+ Wartung unter Spannung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Preisgünstig, oft können Standardgeräte verwendet werden</li> <li>+ Kein Nachweis der Eigensicherheit</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Höhere Kosten</li> <li>- Nachweis der Eigensicherheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installationsaufwand wie bei ib</li> <li>- Spezielle ic/nL-Geräte</li> <li>- Nachweis der Eigensicherheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einschränkungen bei der Wartung</li> <li>- Begrenzung der Transientenspannung erforderlich</li> </ul>

Bild 2: Schutzkonzept für MSR-Installationen, Vor- und Nachteile

betrachtet. Für die Funkenzündung wird statt des Sicherheitsfaktors 1,5 nur der Faktor 1,0 angewandt. Geringere Anforderungen werden auch an nichtstöranfällige Luft- und Kriechstrecken gestellt.

Die wesentlichen Bauanforderungen an ic/nL-Feldgeräte nach IEC/EN 60079-11 [5] bzw. EN 60079-15:2005 lauten:

- › Bauart im Prinzip wie ib- bzw. ia-Geräte, jedoch keine Fehlerbetrachtung,
- › Sicherheitsfaktor für die Funkenzündung nur 1,0, deshalb 50% höhere elektrische Werte möglich,
- › Kennzeichnung wie ib- oder ia-Geräte (blaue Kennzeichnung, anzugebende Parameter Uo, Io, Po, Lo, Co),
- › Abstand der Anschlusssteile eigensicherer Stromkreise untereinander 6 mm, gegen geerdete Teile 3 mm,
- › auch für betriebsmäßig geschaltete Stromkreise anwendbar (Schalter, Taster, Prüfbuchsen, Steckverbinder etc.). Geräte dieser Art sind aber bisher kaum im Markt verfügbar.

#### Errichtungsanforderungen an ic/nL-Systeme

Hier kann als Basis bisher nur die neue IEC 60079-14:2008 [6] herangezogen werden, da in den bisherigen Ausgaben der Errichtungsbestimmungen EN 60079-14:2003 [7] keine genauen Anforderungen für ic/nL-Systeme enthalten waren. Hier gab es also eine Lücke, die die Anwender nach eigenem Ermessen unterschiedlich geschlossen haben. So sind wohl in vielen Fällen nL-Stromkreise nicht nach den Regeln der Eigensicherheit installiert worden. Hier stellt sich künftig die Frage, ob bei der Erstellung oder Aktualisierung des Explosionsschutzdokumentes Nachrüstbedarf besteht. Zumindest, wenn künftig ›ic‹-Geräte eingesetzt werden sollen,

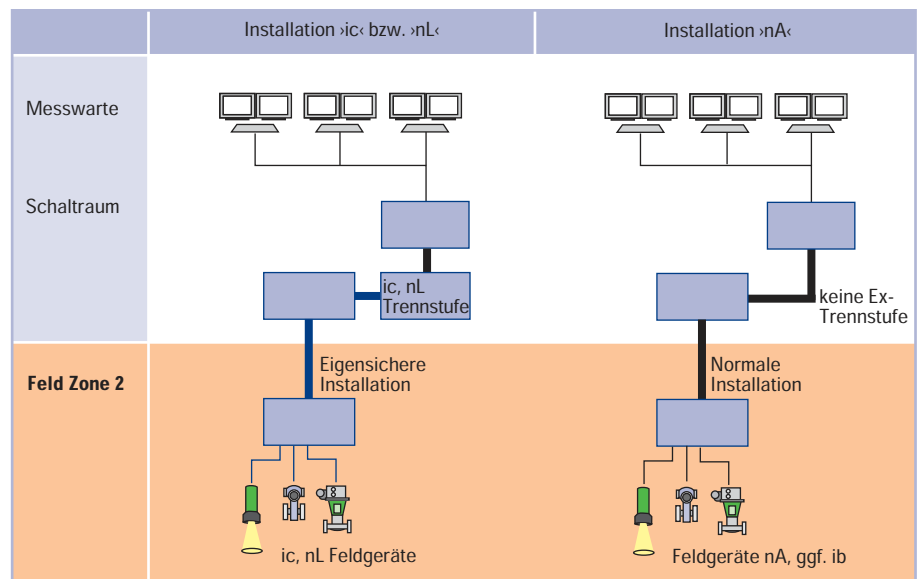


Bild 3: Punkt-zu-Punkt-Verdrahtung in Zone 2

müssen aber die neuen Regelungen angewandt werden (s. auch TRBS 2152 Teil 3 [8]).

- › Eigensichere Stromkreise des Schutzniveaus ›ic‹ werden grundsätzlich nach den gleichen Regeln wie ›ib‹ und ›ia‹ errichtet,
- › das gilt künftig auch für ›nL‹ nach IEC 60079-15,
- › Kennzeichnungspflicht, wenn durch Farbe, dann hellblau,
- › Kabel und Leitungen müssen eine Prüfspannung Leiter – Erde, Leiter – Schirm von 500 V AC bzw. 750 V DC aufweisen,
- › bei Litzen muss der Durchmesser des Einzelleiters größer oder gleich 0,1 mm sein,
- › für ›nL‹ oder ›ic‹ Stromkreise ist der Nachweis der Eigensicherheit zu führen und zu dokumentieren.

Eine Mischung von Geräten der Schutzarten ›nL‹ und ›ic‹ in einem Stromkreis ist erlaubt. Dabei sind Geräte, die in nL-Stromkreisen betrieben werden sollen, nach den Regeln für eigensichere Anlagen der Schutzart ›ic‹ zu errichten. Geräte, die der Schutzart ›nL‹ entsprechen, dürfen sinngemäß auch in einem eigensicheren Stromkreis der Schutzart ›ic‹ betrieben werden.

#### Errichtungskonzepte bei MSR-Geräten im Vergleich

In den Bildern 3 bis 5 sind die verschiedenen Errichtungskonzepte für eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung, für ein Remote I/O-System und für ein Feldbus-System dargestellt. Man erkennt die unterschiedlichen Anforderungen und Konzepte, aber auch die enge Verwandtschaft zu Zone-1-Installationen.

Insgesamt lässt sich im Hinblick auf die Zoneneinteilung folgendes Fazit ziehen: Eine speziell auf Zone 2 bezogene Installation ist dann sinnvoll, wenn

- › größere zusammenhängende Zone 2-Bereiche vorhanden sind (keine kleineren Zone 1-Inseln), und wenn
- › die Einstufung für Zone 2 langfristig sichergestellt ist,
- › das Kosten-Nutzen-Verhältnis deutlich besser ist als bei 2G-Geräten,
- › die Verwechslungsgefahr bei der Instandhaltung ausgeschlossen werden kann,
- › sowie die Verfügbarkeit von 3G-Geräten gesichert ist.

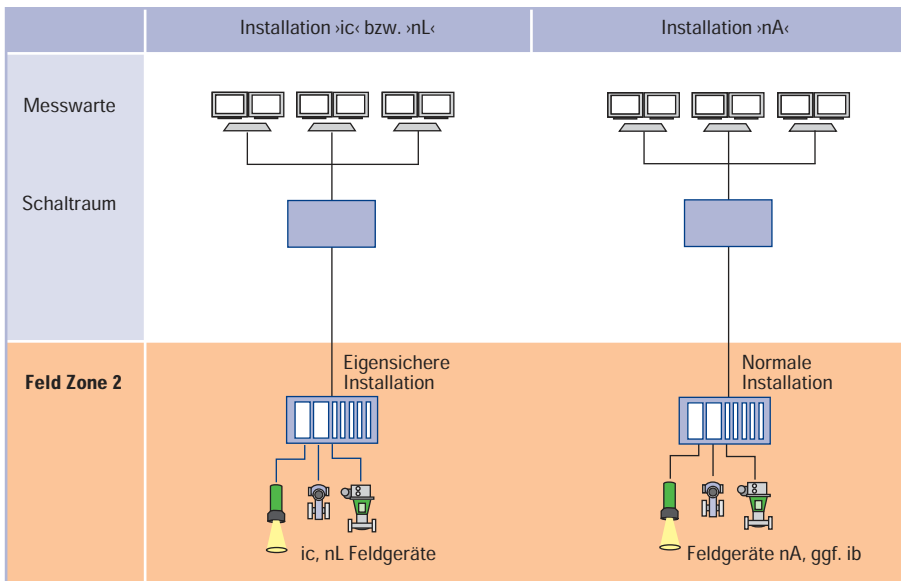


Bild 4: Remote I/O-Installation in der Zone 2

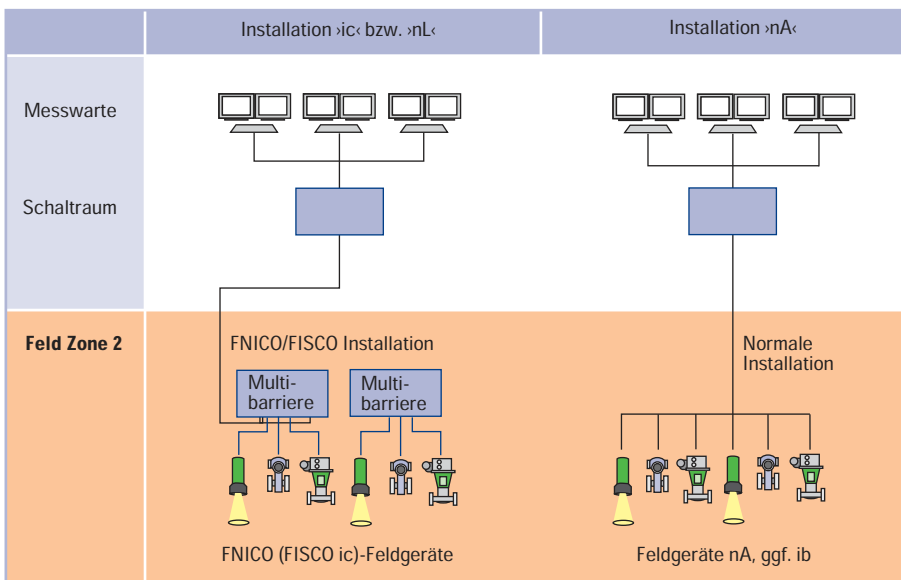


Bild 5: Feldbus-Installation in Zone 2

#### Literaturhinweise

- [1] EN 50021:1999 Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche Zündschutzart »n«
- [2] EN 60079-15:2005 Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche, Teil 15: Konstruktion, Prüfung und Kennzeichnung von elektrischen Betriebsmitteln der Zündschutzart »n«
- [3] EN 60079-0:2006 Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche  
Teil 0: Allgemeine Anforderungen
- [4] IEC 60079-0:2007 Explosive Atmospheres – Part 0: Equipment-General requirements
- [5] EN 60079-11:2007 Explosionsfähige Atmosphäre – Geräteschutz durch Eigensicherheit »ic«
- [6] IEC 60079-14:2008 Explosive atmospheres – Part 14 Electrical installations design, selection and erection
- [7] EN 60079-14:2003 Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche, Teil 14: Elektrische Anlagen für gefährdete Bereiche (ausgenommen Grubenbaue)
- [8] Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152 Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre, Teil 3: Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre