



# Flexible elektrische Beheizungen

## für explosionsgefährdete Bereiche

von Frank Merkel



Bild 1: Industrieanlage mit nächtlicher Beleuchtung

Wie wichtig Wärme ist, weiß jeder aus eigener Erfahrung oder besser gesagt: auf die richtige Temperatur kommt es an. Was für uns Menschen gilt, trifft auch auf die Technik zu. Dabei liegen die Vorteile, umgewandelten Strom als Wärmelieferanten zu wählen, auf der Hand: Strom ist wirtschaftlich. Strom ist sauber. Strom ist sicher. Deshalb verlassen sich auch in explosionsgeschützten Bereichen immer mehr Anlagenbetreiber auf flexible elektrische Beheizungen.

Elektrische Beheizungen sind nicht auf gewisse Industriebereiche oder spezielle Anwendungen beschränkt, sondern universell einsetzbar. Durch die physikalische Grundeigenschaft der Widerstandserwärmung ist es möglich, elektrische Beheizungen gezielt anzuwenden: genau dort, wo Wärme gebraucht wird und nur dann, wenn Erwärmung notwendig ist. Diese flexible Handhabung ermöglicht ein wirtschaftliches Beheizen von großen wie kleinen Anlagen. Der größte Vorteil elektrischer Beheizungslösungen liegt jedoch darin, dass sie passgenau gefertigt werden, egal ob zum Nachrüsten bereits vorhandener Systeme oder in der Planungsphase entstehender Projekte.

Neben den klassischen Einsatzgebieten im Bereich Frostschutz, Temperaturerhaltung und Temperaturerhöhung sind auch viele weitere Anwendungsmöglichkeiten gegeben und heutzutage in den Industriebetrieben allgegenwärtig. Die Vermeidung einer Taupunktunterschreitung durch eine elektrische Beheizung ist zum Beispiel bei vielen Analysenanwendungen wichtig, um keine falschen Messergebnisse zu erhalten.

Die meistverbreitete und wohl konventionellste Form einer elektrischen Beheizung ist die Widerstandserwärmung durch Verwendung von Heizleitern auf Rohren oder Schläuchen mit einer darüber liegenden thermischen Isolation aus entsprechend der Anwendung geeigneten Werkstoffen.

Über eingebaute Sensoren direkt am zu beheizenden Objekt werden die Temperaturen erfasst und in einem Temperaturregelgerät ausgewertet. Entsprechend der Einstellung am Temperaturregelgerät und den gewünschten Prozesstemperaturen wird der Heizleiter mit Spannung versorgt. Die durch den Spannungsfall am Widerstand des Heizleiters erzeugte Wärmeenergie wird direkt auf das zu beheizende Objekt übertragen und erwärmt dies bis zur gewünschten Prozesstemperatur.

Eine solche Widerstandserwärmung kommt auch in Bereichen zum Einsatz, wo entzündliche Gase, Dämpfe, Flüssigkeiten oder Stäube entstehen, gelagert oder transportiert werden. Hier ist besondere Vorsicht geboten, da mögliche Explosionen eine permanente und nicht unerhebliche Gefahr darstellen. Unter bestimmten Voraussetzungen bildet sich in Verbindung mit dem vorhandenen Sauerstoff in der Umgebungsluft ein zündfähiges Gemisch, welches durch einen entsprechenden Zündfunken zu einer Explosion führen kann. Diese sogenannten Ex-Bereiche finden sich in vielen Industrien, z.B. der chemischen und pharmazeutischen Industrie, in Raffinerien und Tanklagern oder Lackfabriken, aber auch in Holz- oder Lebensmittelverarbeitenden Betrieben, wie Mühlen und Getreidesilos, in denen ausgasende oder staubbildende Güter verarbeitet, gelagert oder transportiert werden.

Besondere Vorkehrungen bei Planung, Konstruktion und Bau von elektrischen Begleitheizungen für diese explosionsgefährdeten Bereiche sowie besondere und umfangreiche Montage- und Betriebsbedingungen sind Grundvoraussetzung für einen sicheren und bestimmungsgemäßen Betrieb gemäß der Europäischen Richtlinie 94/9/EG [1].

Die Winkler GmbH in Heidelberg entwickelt seit über 33 Jahren flexible elektrische Beheizungen, auch für explosionsgefährdete Bereiche. Das besondere an Winkler ist, dass die jeweilige Fachabteilung gemeinsam mit dem Kunden nach der besten Lösung für das spezifische Beheizungsproblem sucht. So ist fast jede Beheizungslösung ein Unikat und speziell auf die Anforderungen des Kunden oder des Prozesses abgestimmt.

Im Laufe der Jahre stellten die Kunden immer speziellere Anforderungen, besonders für explosionsgefährdete Bereiche wurden flexible und breite Anwendungsmöglichkeiten gefordert, welche aber keinesfalls zulasten der Sicherheit gehen dürfen. Vorhersehbare Fehlerquellen beim Betrieb oder falscher Umgang mit den elektrischen Beheizungen müssen ausgeschlossen werden. Dies ist durch eine mitzuliefernde umfangreiche und vor allem aussagekräftige Montage- und Betriebsanleitung sicherzustellen.

Das Thema Sicherheit war und ist eine der großen Herausforderungen, welchen sich Winkler in den letzten Jahren erfolgreich gestellt hat. Dies zeigt sich in der breiten Produktpalette systemzertifizierter explosionsgeschützter elektrischer Beheizungen vom Typ WEX... (Heizschläuche, Analysenleitungen, Heizmanschetten und Temperaturregler). Der große Vorteil der Winkler WEX-Produkte besteht darin, dass sie nicht, wie bisher üblich, aus mehreren einzeln zertifizierten Komponenten (z.B. Heizleiter, Anschlussmuffe, Temperatursensoren, usw.) bestehen, die nach der Montage eine Abnahme beim Kunden vor Ort durch speziell befähigte Personen oder Sachverständige erforderlich machen. Systemzertifiziert von Winkler heißt, dass nur eine EG-Baumusterprüfbescheinigung und eine umfangreiche Dokumentation für den bestimmungsgemäßen Betrieb im Ex-Bereich notwendig ist. Das ist eine wesentliche Vereinfachung für den Betreiber der Anlage, der nach der Gefährdungsbeurteilung nach §3 der Betriebssicherheitsverordnung -BetrSichV [2] die notwendige Dokumentation (§6 BetrSichV) erstellen muss. Die zusätzliche Abnahme des Ex-Produktes vor Ort entfällt damit.

### Rechtliche Grundlagen systemzertifizierter elektrischer Ex-Beheizungen

Die Einführung der EU-Richtlinie 94/9/EG [1] im Jahr 1996, welche speziell die Hersteller betrifft, machte es schwieriger, entsprechend geeignete Produkte und Bauteilkomponenten für elektrische explosionsgeschützte Beheizungen am Markt zu bekommen.

Auszug aus der Richtlinie 94/9/EG Artikel 2 Abs.1 [1]:  
»Die Mitgliedstaaten treffen die erforderlichen Maßnahmen, damit von dieser Richtlinie erfasste Geräte, Schutzsysteme und Vorrichtungen im Sinne des Artikels 1 Absatz 2 nur dann in den Verkehr gebracht und in Betrieb genommen werden dürfen, wenn sie die Sicherheit und die Gesundheit von Personen und gegebenenfalls von Haustieren oder Gütern bei angemessener Installation und Wartung und bei bestimmungsgemäßer Verwendung nicht gefährden.«  
Diese Aussage in der Richtlinie bringt alle Anforderungen, Richtlinien und Normen auf einen Punkt: »Sicherheit steht an erster Stelle.« →

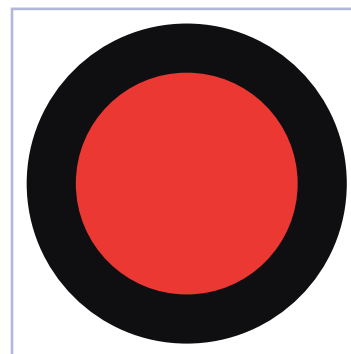


Bild 2: Winkler bringt die Wärme auf den Punkt

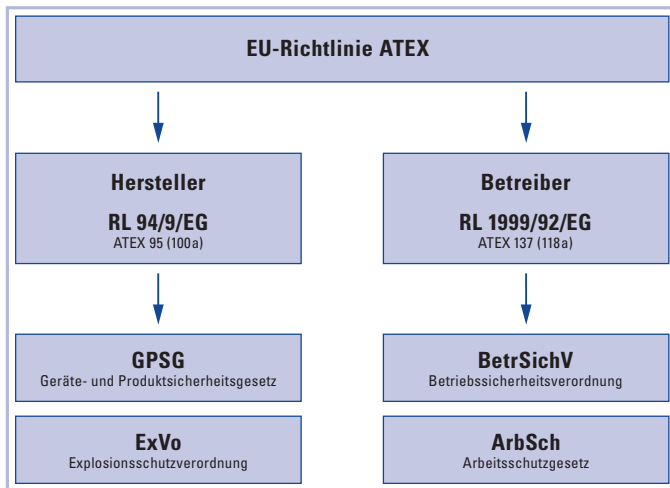


Bild 3: EU Richtlinien ATEX für Hersteller und Betreiber

Darüber hinaus gelten weitere nationale Vorschriften, Verordnungen und Gesetze, die Hersteller von explosionsgeschützten elektrischen Beheizungen sowie die Betreiber von explosionsgefährdeten Anlagen einhalten müssen (Bild 3).

Die Richtlinie 94/9/EG [1] enthält erstmals konkrete und harmonisierte Aussagen zu Anforderungen an nichtelektrische Bauteile. Produkte, die für den Einsatz in Bereichen bestimmt sind, in denen aufgrund von Staubbildung eine Explosionsgefahr besteht, sowie für Schutzsysteme und Sicherheitsvorrichtungen, die für den Einsatz außerhalb von explosionsgefährdeten Atmosphären bestimmt sind und in Bezug auf Explosionsrisiken zum sicheren Betrieb der Produkte beitragen.

Dies ist im Vergleich zu früheren nationalen Vorschriften für den bestimmungsgemäßen Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen eine Ausweitung des Verantwortungsbereiches auf Seiten des Herstellers und des Betreibers.

Der Hersteller muss jetzt bei Auswahl und Verwendung von Komponenten, welche nicht unmittelbar mit den elektrischen Komponenten zu tun haben, eine Zündgefahrenanalyse nach EN 13463 [3] durchführen, um sicherzustellen, dass keine Gefahr von seinem Produkt ausgehen kann. Diese Sicherheit muss auch in einem vorhersehbaren Fehlerfall gewährleistet sein, und hierfür müssen Vorkehrungen geschaffen werden, welche in erster Linie im Bereich der technischen Ausstattung liegen.

Standen vor Einführung der Richtlinie 94/9/EG [1] ausschließlich die elektrischen Komponenten einer Beheizung im Fokus, so sind nun auch die nichtelektrischen Komponenten und hierbei besonders Kunststoffe zu betrachten. Kunststoffe besitzen die Eigenschaft, elektrostatische Ladungen zu speichern und diese schlagartig in Form eines Überschlages mit Zündfunken gegenüber benachbarten Bauteilen mit anderen Potentialen abzugeben (Zündgefahr »elektrostatische Aufladung«). Diese Gefahrenquelle gilt es durch konstruktive Maßnahmen auszuschließen.

Das Inverkehrbringen von elektrischen Beheizungen für den Einsatz im Ex-Bereich unterliegt einem festgelegten Zertifizierungsprozess. Dieser wird durch »Benannte Stellen« (sog. Notified Bodys) durchgeführt, welche gemäß der Richtlinie 94/9/EG [1] die Ex-Produkte exemplarisch an einem eingereichten Musterprodukt prüfen und bei Bestehen der in den für das Produkt gültigen Normen (DIN EN 60079-ff [8]) festgelegten Prüfanforderungen ihre Zertifikate in Form einer EG-Baumusterprüfbescheinigung ausstellen.

Neben dem aufwendigen Prüf- und Zertifizierungsprozess muss der Hersteller ein durch eine »Benannte Stelle« zertifiziertes und regelmäßig überwacht Qualitätsmanagementsystem unterhalten sowie die Fertigung der Ex-Produkte nach den in der DIN EN 13980 [5] festgelegten Kriterien jährlich überprüfen lassen.

### Systemzertifizierte Ex-Produkte

Wie alle anderen Hersteller fertigte die Winkler GmbH bis dato seine Ex-Beheizungen aus Einzelkomponenten ohne Zertifizierung des gesamten Systems. Doch das Heidelberger Unternehmen reagierte auf die gestiegenen Anforderungen des Marktes. Im Jahr 2006 entwickelte Winkler den ersten komplett systemzertifizierten explosionsgeschützten Heizschlauch bzw. die erste Ex-Analysenleitung des Typs WEX8000. Damit war Winkler der erste Hersteller in der Branche, der mit dieser Art der Zertifizierung kundenspezifische Anforderungen mit in seine Ex-Produkte integrierte.

Durch den modularen Aufbau des Winkler Ex-Heizschlauchs bietet sich dem Kunden die Möglichkeit, für jeden Anwendungsfall den passenden Schlauch zu erhalten. So sind z. B. Längen bis zu 50 m und unterschiedliche Grundschräuche mit verschiedenen Innendurchmessern je nach Anwendungsfall möglich. Eine vielfältige Armaturenpalette bietet unterschiedlichste Anschlussmöglichkeiten. Auswechselbare Innenleitungen aus unterschiedlichen Materialien eignen sich für die vielseitigen Anwendungen industrieller Prozesse. Über optional wählbare Sensorpositionen kann die Temperatur punktgenau erfasst und entsprechend dem Prozessverlauf optimal angepasst und geregelt werden (Bild 4; siehe rechts).

Eine weitere Besonderheit an den explosionsgeschützten Beheizungen ist der komplett elektrostatisch ableitende Aufbau, welcher den Betrieb in Ex-Bereichen uneingeschränkt und ohne eine zusätzliche Erdungsanschlussleitung möglich macht. Da die Beheizungen auch oft im mobilen Betrieb eingesetzt werden und somit einer erhöhten mechanischen Belastung ausgesetzt werden, ist es wichtig, dass alle verwendeten Materialkomponenten robust, einfach und doch effektiv miteinander verbaut werden.

Nach Einführung der Analysenleitung des Typs WEX8000 folgten weitere Ausführungen, so dass heute über tausend anwendungs- oder kundenspezifische Versionen gefertigt werden können. Im Jahr 2011 erfolgte die komplette Systemzertifizierung von Ex-Heizmanschetten und Ex-Fassheizern, die nach dem gleichen Grundprinzip wie die Ex-Heizschläuche und Ex-Analysenleitungen aufgebaut sind.



Alle explosionsgeschützten elektrischen Beheizungen des Typs WEX... sind geeignet für den Einsatz im gasexplosionsgefährdeten Bereich der Zonen 1 und 2 sowie im staubexplosionsgefährdeten Bereich der Zonen 21 und 22. Somit sind sie auch in den verschiedensten Branchen und industriellen Anwendungen mit den Explosionsgruppen IIC (z.B. Wasserstoff) und IIIC, leitfähige Stäube (z.B. Kohlestaub), bei prozessbedingter Erwärmung universell einsetzbar.

Der erweiterte Temperatureinsatzbereich gegenüber der EN 60079-0: 2006 Kap.5.1.1 [9] ist bei WEX-Heizschläuchen von -40°C bis +85°C und bei WEX-Heizmanschetten von -40°C bis +60°C möglich und weitet somit das Einsatzgebiet, selbst unter extremen Umgebungsbedingungen aus.

### Bauliche Grundlagen explosionsgeschützter elektrischer Beheizungen

Beim Transport von Gasen, flüssigen oder festen Medien von A nach B spielt die Beheizung eine wichtige Rolle. So dienen elektrisch beheizte Schläuche zum Beispiel dazu, die Eigenschaften des Mediums an der Entnahmestelle bis zur Abgabestelle durch Temperaturunterstützung zu erhalten. Viele unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten im Bereich des Frostschutzes, der Temperaturerhaltung und der Temperaturerhöhung können damit gewährleistet werden.

Als Beispiel kann die Vermeidung einer Taupunktunterschreitung herangezogen werden. Dabei wird das Medium auf seiner idealen stoffspezifischen Temperatur während des Transports gehalten, um eventuelle Absonderungen (z.B. Wasser) aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung zu vermeiden, welche unweigerlich zu einem verfälschten Messergebnis in der nachgeschalteten Analyse führen würde. Auch beim Transport oder Abfüllen von flüssigen oder festen Medien ist eine Begleitbeheizung oft unerlässlich, um deren Fließfähigkeit gewährleisten zu können. Es kann auch vorkommen, dass bei unbeheiztem Transport das Medium sich an der Innenwand des Schlauches festsetzt und ihn so unweigerlich verstopft. Dies kann je nach den Eigenschaften des Mediums durch eine Beheizung verhindert werden. Auch das Erreichen von besseren Ergebnissen bei Produktionsabläufen oder beim Abfüllen und Einbringen von erwärmten Medien in nachgelagerte Fertigungs- und Bearbeitungsprozesse ist ein großes Einsatzgebiet für elektrische Beheizungen. Als Beispiel stehen dafür die Fass- oder Containerheizer, welche überwiegend im mobilen Betrieb eingesetzt werden. Hier werden zum sicheren elektrischen Anschluss der Zuleitungen oder Verbindungsleitungen vormontierte Ex-Klemmkästen von R. STAHL eingesetzt (Bild 5).

Da solche Anwendungen auch oft innerhalb explosionsgefährdeter Bereiche vorkommen, sind besondere Vorkehrungen bei deren Konstruktion und Fertigung zu berücksichtigen.

Überwiegend ist das zu beheizende Medium selbst Ursache für einen explosionsgefährdeten Bereich, da es aufgrund seiner Stoffeigenschaften als Gefahrstoff eingeteilt wurde und nur unter entsprechenden Sicherheitsbestimmungen gelagert, transportiert und verarbeitet werden darf. →



Bild 5: WEXH...-Heizmanschetten (IBC Containerheizer/200 l Fassheizer), Klemmkästen von R. STAHL für Zuleitungsanschlüsse (Netz/Sensor)



Bild 4: WEX8000 Ex-Heizschlauch / Ex-Analysenleitung

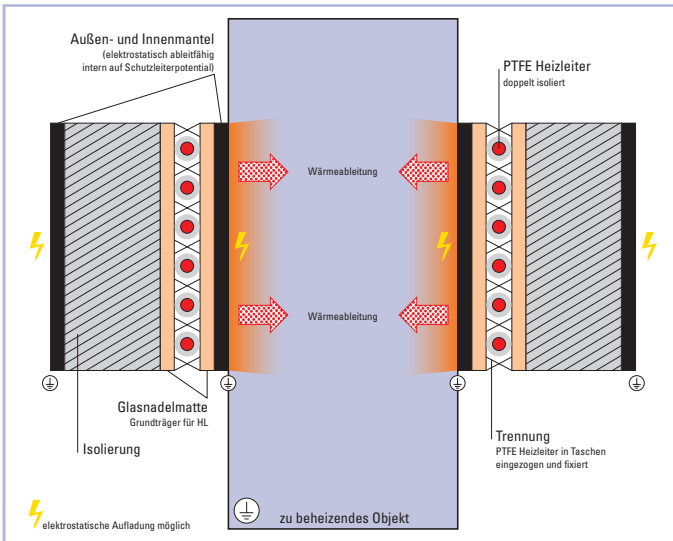


Bild 6: Prinzipquerschnitt einer WEX-Heizmanschette

Bei der Gefahrenbetrachtung sind vorgegebene Betriebs- und Umgebungsbedingungen genauso zu beachten, wie eventuelle Fehlbedienungen aufgrund von Unachtsamkeit beim Umgang oder Informationsdefizite durch fehlende Montage- und Betriebskenntnisse.

Es ist die Aufgabe des Herstellers, die Produktsicherheit in erster Linie durch technische und konstruktive Lösungen zu gewährleisten. Einschränkungen für den Betrieb sind in der Montage- oder Betriebsanleitung möglichst zu vermeiden.

### Elektrische Komponenten

Die elektrischen Komponenten bestehen aus dem Heizleiter, der Anschlussmuffe und den Temperatursensoren.

Diese elektrischen Komponenten sind aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften auch schon im Normalbetrieb als primäre Zündquellen anzusehen. Es ist hier besonders wichtig, dass diese Komponenten nicht als Zündquelle wirken oder bei ständig vorkommenden Schaltvorgängen keinen Zündfunken erzeugen, der nach außen dringen kann (Bild 7).

Der Heizleiter (1) besitzt neben einer Basisisolierung (2), welche gleichzeitig die Temperaturen direkt am Heizleiter aushalten muss, eine zusätzliche Ummantelung (4), die gegen mechanische Einflüsse von außen schützt. So ist eine Kombination von elektrischer Sicherheit (Isolierung) und mechanischer Ummantelung unerlässlich und Grundvoraussetzung für eine Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen. Das zwischen den beiden Um-

mantelungen befindliche Schutzgeflecht (3) ist eine weitere Schutzmaßnahme, die bei Zerstörung der Basisisolierung zum Tragen kommt und vorgeschaltete Schutzeinrichtungen (Sicherung, FI-Schutzschalter) zum Auslösen bringt. Dazu gehört ein Kaltleiter, dessen Verbindung mit dem Heizleiter innerhalb der Anschlussmuffe mit Silikonmasse vergossen ist. Damit ist die Übergangsstelle luft- und gasdicht abgeschlossen.

Weitere wichtige elektrischen Komponenten sind zwei Temperatursensoren, welche zur Regelung der Temperatur (Reglersensor) und zum Gewährleisten der maximal zulässigen Temperatur (Begrenzsensoren) dienen.

Für den externen Anschluss der Heizleiter und der Temperatursensoren werden die Klemmenkästen Ex e (Netz) und Ex i (Sensoren) von R. STAHL eingesetzt (Bild 8, 9, 10; siehe rechts).

### Nichtelektrische Komponenten

Seit Einführung der Richtlinie 94/9/EG [1] müssen auch diese gesonderten Gefahrenbetrachtungen unterzogen werden. Dabei sind mögliche Gefahren, die beim bestimmungsgemäßen Betrieb entstehen können, im Vorfeld zu berücksichtigen. Eine Zündgefahrenanalyse nach EN 13463 [3] ist für alle relevanten Teile durchzuführen. Hierbei ist der Zündgefahr durch eine elektrostatische Aufladung des Außenmantels einer Heizmanschette oder des Wellrohres eines Heizschlauchs besondere Bedeutung zukommen zu lassen.

### Vermeidung von elektrostatischer Aufladung des Außenmantels

Im Rahmen der Zündgefahrenanalyse nach EN 13463 [2] wurde ein besonderer Schwerpunkt auf die elektrostatische Ableitfähigkeit der Ex-Beheizungen gelegt. Bei mobilem Betrieb kommt diese Zündgefahr aufgrund der vielfältigen Materialberührungen sehr häufig vor.

In der TRBS 2153 [6] und der BGR 132 [7], die sich mit der Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen beschäftigen, sind grundlegende Maßnahmen festgelegt, welche dem Anwender als Hilfestellung dienen können und ihn bei der Gefährdungsbeurteilung nach der Betriebssicherheitsverordnung unterstützen. Sie sind auch Grundlage der Konstruktion.

Dabei sind folgende Grundsätze zu berücksichtigen:

- > Gegenstände oder Einrichtungen dürfen in explosionsgefährdeten Bereichen nicht gefährlich aufgeladen werden.
- > Der Einsatz von Gegenständen oder Einrichtungen aus isolierenden Materialien in explosionsgefährdeten Bereichen ist zu vermeiden oder es müssen entsprechende Maßnahmen gegen gefährliche elektrostatische Aufladungen getroffen werden.



Bild 7: Ex-Heizleiter mit doppelter PTFE-Isolation und Schutzgeflecht





Bild 8: Glasseidenmatte mit PTFE Heizleiter



Bild 9: PTFE Anschlussmuffe



Bild 10: Klemmenkästen Ex e / Ex i von R. STAHL für die Anschlüsse von Heizung und Temperatursensoren

- > In explosionsgefährdeten Bereichen sollten grundsätzlich nur leitfähige oder ableitfähige Gegenstände oder Einrichtungen verwendet werden. Eine Miteinbeziehung in den Potentialausgleich der Anlage oder des Gesamtsystems ist notwendig.

Man unterscheidet nach ihrer elektrischen Leitfähigkeit drei Arten von Materialien:

leitfähige Materialien				ableitfähige Materialien				isolierende Materialien			
10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>12</sup>
Oberflächenwiderstand Ro in Ω/m											

Bild 11: Definition der Materialien hinsichtlich elektrostatischer Aufladung

Ableitfähig ist ein Stoff oder Material mit einem spezifischen Widerstand von mehr als 10<sup>4</sup> Ω/m und weniger als 10<sup>9</sup> Ω/m. Hierbei spielen auch die Umgebungstemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit eine Rolle (z.B. je höher die relative Luftfeuchtigkeit ist, desto besser sind die Ableiteigenschaften des Materials).

Zitat BGR 132 Abschnitt 3.1.1: »Nach Maßgabe der Zündwahrscheinlichkeit sind alle Gegenstände oder Einrichtungen aus leitfähigen Materialien zu erden und solche aus ableitfähigen Materialien mit Erdkontakt zu versehen. Geerdete leitfähige Gegenstände können nicht gefährlich aufgeladen werden. Sind sie jedoch von Erde isoliert, können Funkenentladungen auftreten«. In den Technischen Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2153, »Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen«, findet man konkrete Forderungen und wichtige Hinweise für den Einsatz von elektrostatisch ableitfähigen oder leitfähigen Materialien.

Laut DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1) [8] Kapitel 6.4 müssen bei den verwendeten nichtmetallischen Materialien des elektrischen Betriebsmittels Schritte unternommen werden, um die Auswirkungen statischer Elektrizität auf ein ungefährliches Maß zu beschränken, d.h. der Isolationswiderstand bzw. Oberflächenwiderstand darf nicht größer 1 GΩ/m (10<sup>9</sup> Ω/m) sein, um entsprechende Aufladungen zu verhindern.

Bringt man zwei unterschiedliche Materialien in engen Kontakt, so treten Ladungen von dem Stoff mit der geringeren Elektronenaustrittsenergie in den Stoff mit der höheren Elektronenaustrittsenergie über. Ist einer der beiden Stoffe elektrisch isolierend, so können bei abrupter Trennung der Materialien die Elektronen nicht schnell genug zurückfließen und verbleiben als Überschuss auf dem anderen Material. So werden unterschiedliche Potentiale aufsummiert. Aber auch durch Influenz (auch Induktion genannt) erfolgen Aufladungen, die besonders gefährlich sind, da sie auf den ersten Blick nicht erkennbar sind und sich über längere Zeit zu einer ausreichenden Zündenergie ansammeln können (Bild 12). →

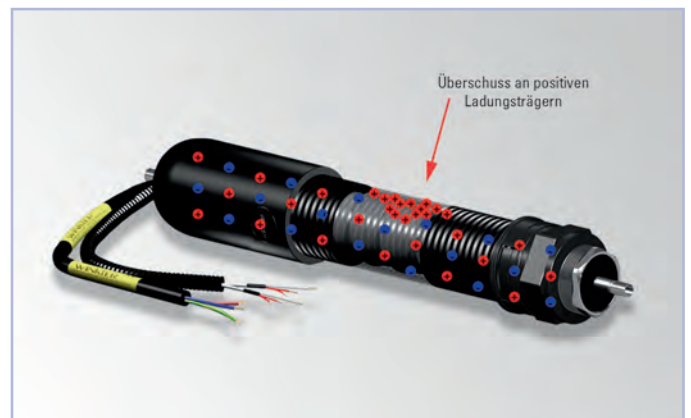


Bild 12: Elektrostatische Aufladung an einem Heizschlauch

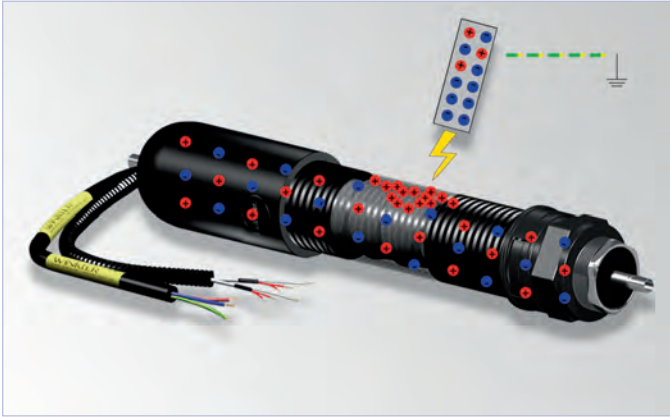


Bild 13: Elektrostatische Entladung an einem Heizschlauch

Diese aufgeladenen Zustände sind thermodynamisch sehr instabil und bemüht, diesen Zustand innerhalb einer elektrostatischen Entladung wieder auszugleichen. Dabei spielt die Art und Form des Energieausgleiches (z.B. Funkenentladung) eine wichtige Rolle.

Sind bei diesen Entladungsvorgängen Personen beteiligt, so sind Körperteile als wirksame Zündelektroden anzusehen, die gegen Erdpotential ableitend wirken. Aber auch im umgekehrten Fall kann eine Person sich mit mehreren tausend Volt aufladen.

Diese Ladungsenergien reichen aus, um brennbare Flüssigkeiten, Gase, Dämpfe und Stäube mit der entstehenden Funkenentladung zu zünden (Bild 13).

Es ist nicht auf den ersten Blick erkennbar und kompliziert zu beurteilen, wo eine solche elektrische Aufladung auftreten kann. Aus diesem Grund wird in einschlägigen Bestimmungen und Vorschriften der Einsatz von leitenden bzw. ableitenden Materialien gefordert. Analysenleitungen und Heizschläuche, die mit verschiedenen für den Ex-Bereich zugelassenen Komponenten aufgebaut sind, aber keine komplette Systemzulassung des Herstellers besitzen, müssen vor Ort geprüft und einer internen Gefahrenbetrachtung unterzogen werden. Dies kann nur erfolgen, sofern der Hersteller alle entsprechenden Materialdatenblätter beigefügt hat und der Betreiber der explosionsgeschützten Anlage in der Lage ist, dies zu beurteilen. Hierzu sind umfassende Kenntnisse der Materie notwendig, welche eine fachspezifische Ausbildung erfordern. Aus diesem Grund kommt einer kompletten Systemzulassung durch eine benannte Zertifizierungsstelle eine immer größere Bedeutung zu.

Bei diesen Prüfungen spielt der äußere Aufbau, das Schutzrohr (Wellrohr), sowie die Anschlussstellen (Anschlusskappen) eine große Rolle. Der Aufbau ist nicht nur als reiner mechanischer Schutz anzusehen, sondern muss in eine Gefährdungsbeurteilung des Gesamtsystems einbezogen werden. Prüfungen, die neben den üblichen Umwelteinflüssen die Materialalterung, die Hydrolyse und Tests zur Schlagfestigkeit beinhalten, sind Grundvoraussetzungen für eine erfolgreiche Zertifizierung und sichere Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen.



Bild 14: Mögliche elektrostatische Aufladungen

Auch Entladungsvorgänge, an denen Personen beteiligt sind, können im Vorfeld nur schwierig beurteilt werden. Deshalb sind klare und unmissverständliche Arbeits- und Betriebsanweisungen notwendig, in denen Regelungen getroffen werden, wie bei Umgang bei Betrieb von Analysenleitungen und Heizschläuchen in den explosionsgefährdeten Bereichen zu verfahren ist.

Die Gefährlichkeit der elektrostatischen Entladung kann an einem einfachen Beispiel deutlich gemacht werden:

Wenn sich eine Person auf eine Spannung von ca. 2 kV auflädt (diese Spannung ist bei einer Entladung für die Person fühlbar), so geht in die Funkenentladung die gesamte auf der Person gespeicherte Energie mit ein (wie bei einem Kondensator). Da die Person als Leiter aufzufassen ist, hat sie eine messbare Kapazität gegen Erde von ca. 100 bis 200 pF, was eine gespeicherte Energie ergibt, welche fast alle brennbaren Flüssigkeiten, Gase, Dämpfe und Stäube mit einer etwaigen Funkenentladung zündet.

Die explosionsgeschützten Analysenleitungen und Heizschläuche von Winkler sind prinzipiell mit elektrisch ableitenden Materialien aufgebaut (Außenmantel und An- / Abschlusskappen), welche eine gefährliche elektrostatische Aufladung erst gar nicht entstehen lassen.

Bild 14 verdeutlicht die maßgeblichen Bereiche, an denen eine elektrostatische Aufladung an Analysenleitungen oder Heizschläuchen entstehen kann, und welche Ableitungsmöglichkeiten vorhanden sind:

- A Der umklöppelte PTFE Grundschauch ist durch sein Stahlgeflecht geerdet,
- B Der PTFE isolierte Heizleiter ist über sein Schutzgeflecht (Metall) geerdet,
- C Der Außenmantel (Wellrohr) ist elektrostatisch ableitend mit Verbindung zu den Silikonkappen oder Verschraubungen, die Verbindung mit dem Schutzleitungssystem erfolgt über ein großflächig anliegendes Cu-Geflecht,
- D Die Silikonkappen oder Verschraubungen sind elektrostatisch ableitend mit Verbindung zum Wellrohr,
- E Die Armaturen sind mit dem umklöppelten PTFE Grundschauch verbunden und werden zusätzlich in die Schutzmaßnahme der Gesamtanlage mit einbezogen,
- F Schutzleiteranschluss (PE / 2,5 mm<sup>2</sup>) in Netzleitung.

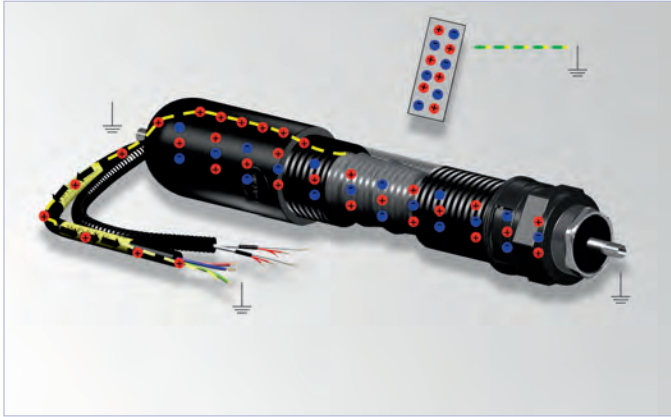


Bild 15: Vermeidung elektrostatischer Aufladung

Durch den elektrischen Anschluss (Schutzleiter in Netzzuleitung) und die Anschlussarmaturen wird der Ex-Heizschlauch an den örtlichen Potentialausgleich angeschlossen und ist somit geerdet. Bei Ex-Analysenleitungen und Ex-Heizschläuchen von Winkler wird durch die Miteinbeziehung elektrostatisch ableitender Eigenschaften der verwendeten Bauteilkomponenten jede Zündgefahr verhindert (Bild 15).

Die sich eventuell durch Reibung oder Influenz bildende Ladungstrennung / -häufung, welche einen energiereichen und thermodynamischen Zustand erzeugt, wird durch den kontinuierlichen Abfluss der Elektronen über das Schutzleitersystem gegen Erdpotential neutralisiert, so dass keine gefährliche Ladungsansammlung stattfinden kann. Es kommt somit bei sich nähernden Objekten auch zu keiner Ladungstrennung und zu keinem Funken durch eventuellen Ladungsausgleich.

Bei der Gefährdungsbetrachtung im Rahmen des Konformitätsbewertungsverfahrens müssen alle Materialien und Komponenten überprüft und auf ihr Zusammenspiel mit den anderen Bauteilkomponenten getestet werden. Dabei spielen folgende Faktoren eine wichtige und entscheidende Rolle:

Neben der sicheren, mittels Verwendung spezieller Zündschutzarten aufgebauten elektrischen Beheizung im Schlauchinneren müssen auch die in unmittelbarer Umgebung befindlichen Bauteilkomponenten eine entsprechende Schutzfunktion aufweisen, um die elektrische Beheizung gegen schädigende Umwelteinflüsse zu sichern. Dabei spielt der Außenmantel als nichtelektrisches Bauteil eine entscheidende Rolle.

Die Anforderungen sind mit einer Schutzartprüfung nach IP66/IP68, auch einem Alterungstest gegen Versprödung durch ungünstige Umwelteinflüsse (Temperatur und Luftfeuchtigkeit) und einer Schlagprüfung mit 7J ohne Bruch sehr hoch angesetzt. Auch der Oberflächenwiderstand aller Teile (Wellrohr, Silikonendkappen oder Verschraubungen) muss  $< 10^9$  Ohm (elektrostatisch ableitend) sein. All diese Anforderungen erfüllen die Winkler Ex-Analysenleitungen und Ex-Heizschläuche. Auch ein entsprechender Schutz gegen chemische Einflüsse auf den Außenmantel, abhängig von der Temperatur, der Einwirkzeit (dauerndes Berühren oder nur gelegentlicher Kontakt) des chemischen Stoffes, sowie dessen Konzentration, ist maßgebend für einen sicheren und bestimmungsgemäßen Einsatz.

## Fazit

Die sicherheitstechnischen Anforderungen an elektrische Beheizungen für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen sind sehr vielfältig und umfangreich. Deshalb ist es bei der Entwicklung einer prozessspezifischen Beheizung wichtig, dass man sich intensiv mit der entsprechenden Anwendung auseinandersetzt und eventuell vorhersehbare Fehler im Vorfeld mittels konstruktiver Maßnahmen verhindert oder vorneweg ausschließt. Einschränkungen in Montage- und Bedienungsanleitungen sollten vermieden werden. Somit kommt einer anwendungsunabhängigen Konstruktionsweise immer größere Bedeutung zu. Ein sicheres und effektiv einsetzbares Produkt erhält man nur, wenn es einer kompletten Systemprüfung unterzogen wird. Dies ist von besonderer Bedeutung bei wechselnden Betriebs- und Einsatzbedingungen, insbesondere auch beim Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen.

## Literatur

- [1] Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen.
- [2] Betriebssicherheitsverordnung vom 27. September 2002 (BGBl. I S. 3777), die zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 8. November 2011 (BGBl. I S. 2178) geändert worden ist
- [3] DIN EN 13463-1 : Nichtelektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen – Teil 1: Grundlegende Methodik und Anforderungen (Beuth Verlag, Berlin).
- [4] DIN EN ISO 9001 : Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen Aktuelle Ausgabe 2008 (Beuth Verlag, Berlin)
- [5] DIN EN 13980:2003-02 Explosionsgefährdete Bereiche – Anwendungen von Qualitätsmanagementsystemen (Beuth Verlag, Berlin)
- [6] TRBS 2153 – Technische Regeln für Betriebssicherheit – Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung, T033 BG RCI)
- [7] BGR 132 – Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung – Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
- [8] DIN EN 60079-..ff - Explosionsfähige Atmosphäre - Teil ...
- [9] DIN EN 60079-0 (VDE0170-1) – Explosionsfähige Atmosphäre – Teil 0: Geräte - Allgemeine Anforderungen (Beuth Verlag, Berlin)
- [10] DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1) – Explosionsfähige Atmosphäre, Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen (Beuth Verlag, Berlin)