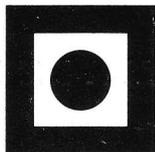


Der Ionisationsfeuermelder

HANS-PETER HALM



Der Ionisationsfeuermelder: Elektronik im Dienste des Feuerschutzes

Die elektronische Technik ist viel älter als das Wort „Elektronik“, und über die Grenzen des Begriffes gehen selbst heute noch die Meinungen zuständiger Fachleute auseinander. Definiert man jedoch, wie es sich weitgehend durchgesetzt hat, die Elektronik als „Technik der freien Elektronen“, so darf als eines der Schulbeispiele dieser Technik wohl der Cerberus-Ionisationsfeuermelder gelten, ein selbsttätiger Feuermelder, der in wenigen Jahren eine weite Verbreitung als Frühwarn-Melder erringen konnte.

Um zu erfassen, warum der Ionisationsfeuermelder Brandgefahr besonders früh zu melden imstande ist, ist es zweckmäßig, vorher die Arbeitsweise der anderen automatischen Feuermelder kennenzulernen.

Alle Methoden einer selbsttätigen Feuermeldung beruhen darauf, daß man durch Begleiterscheinungen eines entstehenden Brandes die Alarmauslösung herbeizuführen sucht. So benutzen z. B. die gebräuchlichsten automatischen Melder die entstehende Brandwärme, um auf dem Wege über die Wärmeausdehnung von Gasen, Flüssigkeiten oder Metallen (Bimetallstreifen) Alarm auszulösen; sie werden als thermische oder Wärmemelder bezeichnet. Andere Meldersysteme arbeiten elektro-optisch (also auch „elektronisch“): Rauch oder Flammen, die sichtbaren Begleiterscheinungen des Feuers, werden als Warnkriterien herangezogen¹⁾.

Betrachtet man die Arbeitsweise der verschiedenen Melderarten, so liegt ein Vergleich mit den menschlichen Sinnen nahe. Gesteht man den thermischen und elektro-optischen Meldern die Fähigkeit zu, die Wärme zu „erfühlen“ bzw. Rauch und Flammen zu „sehen“, so arbeitet der Ionisationsfeuermelder als ausgesprochenes „Riechorgan“ höchster Empfindlichkeit gegenüber „brenzlischen“ Gerüchen.

Dies ist der eigentliche Grund für seine Sonderstellung als Frühwarn-Melder, denn erfahrungsgemäß entwickelt sich ein großer Teil aller entstehenden Brände aus Schwelvorgängen, d. h. der Überhitzung brennbarer Stoffe, wie sie z. B. ein versehentlich stehengelassenes Bügeleisen zur Folge haben kann.

Ebenso wie der menschliche Geruchssinn ist der Ionisationsfeuermelder fähig, die dabei entstehenden Gase wahrzunehmen, ohne daß diese als Rauch sichtbar zu werden brauchen.

Rauch und Flammen — letztere als Voraussetzung starker Wärmeentwicklung — treten vielfach erst wesentlich später in Erscheinung.

Physikalisches Arbeitsprinzip

Im folgenden soll nun das physikalische Arbeitsprinzip des Ionisationsfeuermelders näher erklärt werden: Die Bezeichnung „Ionisationsfeuermelder“ sagt bereits, daß bei der Funktion des Melders die Ionisation eine wesentliche Rolle spielt. Luft ist im Normalzustand für die Elektrizität nicht leitend. Sie wird es jedoch, wenn sie ionisiert wird. Dies ist z. B. möglich durch die Einwirkung

von ultraviolettem Licht, Röntgenstrahlen oder Strahlen aus radioaktiven Substanzen. In allen diesen Fällen wird ein Teil der bisher elektrisch neutralen Luftteilchen in (negativ geladene) Elektronen und (positiv geladene) Ionen aufgespalten.

Bringt man nun diese positiven und negativen Ladungsträger in ein elektrisches Feld zwischen zwei Elektroden (oder erzeugt sie darin, wie es praktisch üblich ist), so wandern sie jeweils zu der ihnen entgegengesetzt geladenen Elektrode. Damit kommt ein elektrischer Strom zustande. Ein konstruktiv für diesen Vorgang eingerichteter Raum wird als Ionisationskammer bezeichnet. Ionisationskammern werden insbesondere in der Physik und Medizin zum Nachweis von Strahlungen und zur Messung ihrer Intensität verwendet. Beispiele hierfür sind das Röntgenstrahlendosimeter und der Geigerzähler.

Während jedoch in den meisten Geräten das in der Ionisationskammer enthaltene Gas im Augenblick des Strahleneintritts ionisiert und der entstehende Strom als Nachweis der Strahlen gewertet wird, setzt die Funktion des Ionisationsfeuermelders das ständige Vorhandensein ionisierter Luft (Vorionisation) voraus. Man ionisiert hierfür die Luft in einer für die Außenluft zugänglichen Prüfkammer durch dauernd einwirkende α -Strahlen²⁾, die ein in der Kammer befindliches radioaktives Präparat aussendet (Bild 1). Da der Preis der verwendeten Americiumpräparate sehr hoch ist, kann nur eine kleine Menge davon dem einzelnen Melder beigegeben werden³⁾. Der damit hervorgerufene Ionisationsstrom liegt in der Größenordnung von etwa 10^{-9} A. Dieser wird nun, wie man feststellen konnte, merklich geschwächt, sobald Rauch- oder Verbrennungsgase in die Prüfkammer eindringen.

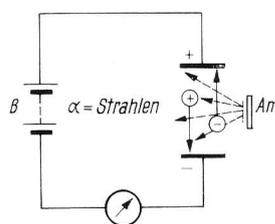


Bild 1 Im Ionisationsfeuermelder wird die Luft durch ein eingebautes Americiumpräparat vorionisiert, d. h. elektrisch leitend gemacht

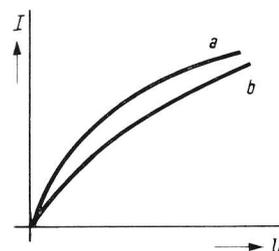


Bild 2 Stromspannungs-Kennlinie einer Ionisationskammer. a = Normalzustand (bei reiner Luft), b = im Gefahrenfall (Luft verunreinigt mit Verbrennungsgasen)

¹⁾ Neue Feuermeldetechnik, ELEKTRONIK 1956, Heft 5, Seite 141

²⁾ Die Ionisationswirkung der gleichfalls auftretenden β - und γ -Strahlen ist äußerst gering und daher praktisch bedeutungslos

³⁾ Billigere Präparate, insbesondere radioaktive Abfallstoffe, gewährleisten wegen ihres schnelleren Zerfalls nicht die geforderte Konstanz ihrer Strahlungsintensität auf lange Zeit

Man erklärt sich dies so: Bei jeder unvollkommenen Verbrennung — mit der praktisch jedes Schadenfeuer beginnt — entstehen sehr viele Teilchen von einer Größe und Masse, die die der in der Luft vorhandenen Gasmoleküle um vieles übersteigt. Dringen diese großen Teilchen nun in die Prükkammer ein, so hemmen sie dort die Ionen und Elektronen in ihrer Bewegung. Werden sie selbst in der Kammer ionisiert, so wandern sie infolge ihrer großen Masse im elektrischen Feld viel langsamer als die aus Luftmolekülen entstandenen leichteren Ionen. Dies hat eine Stromverminderung zur Folge, da für die Stromstärke nur die Zahl der in der Zeiteinheit die Elektroden erreichenden Ladungsträger maßgebend ist, nicht aber ihre Größe. Der Strom wird noch weiter dadurch vermindert, daß die großen Ionen sich länger im Ionisationsraum aufhalten. Sie kollidieren daher mit größerer Wahrscheinlichkeit mit entgegenkommenden Elektronen und werden so neutralisiert (Rekombination). Somit wirkt sich also die Anwesenheit von Verbrennungsgasen auf die Strom-Spannungskennlinie einer Ionisationskammer in beachtlichem Maße aus (Bild 2).

Eine Ionisationskammer verhält sich demnach, elektrisch gesehen, etwa wie ein hochohmiger Widerstand, dessen Größe in Abhängigkeit von der Reinheit der ionisierten Luft veränderlich ist. Für die Verwendung der Ionisationskammer als Feuermelder ist es von großer Bedeutung, daß — wie Versuche ergaben — die größte Widerstandsänderung durch Verbrennungsgase hervorgerufen wird, wogegen sich Staub, künstlicher Nebel usw. wohl im gleichen Sinne, aber weit weniger stark auswirken.

Aufbau des Melders

Der Ionisationsfeuermelder in seiner heutigen technisch ausgereiften und seit vielen Jahren bewährten Form (Bild 3) setzt sich aus zwei Ionisationskammern und einer Kaltkathodenröhre zusammen. Die Prinzipschaltung geht aus Bild 5 hervor, den konstruktiven Aufbau des Melders zeigt schematisch der rechte Teil von Bild 3.

Die als Prükkammer arbeitende Ionisationskammer I (siehe Bild 5) steht mit der Außenluft in guter Verbindung. Lediglich ein Drahtgitter, das gleichzeitig als negative Elektrode dient, verhindert das Eindringen groben Staubes. Das Americiumpräparat Am I ist ringförmig ausgebildet. Durch Auswechseln der zentralen Stiftelektrode ist die Ansprechempfindlichkeit des Melders einzustellen.

Die zweite Ionisationskammer II ist mit der ersten elektrisch in Reihe geschaltet, jedoch anders aufgebaut. Sie ist gegen die Außenluft zwar nicht hermetisch, aber doch weitgehend abgeschlossen. Auf der Wand der Kammer, die gleichzeitig die eine Elektrode der Kammer darstellt, sind drei Americiumpräparate Am II aufgebracht.

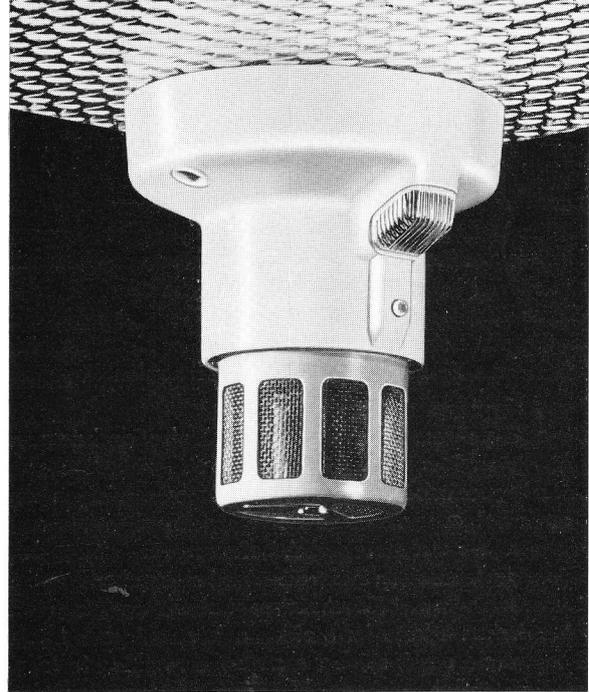


Bild 3. Ionisationsfeuermelder
oben: Ansicht,
rechts: Konstruktiver Aufbau
des Meldereinsatzes

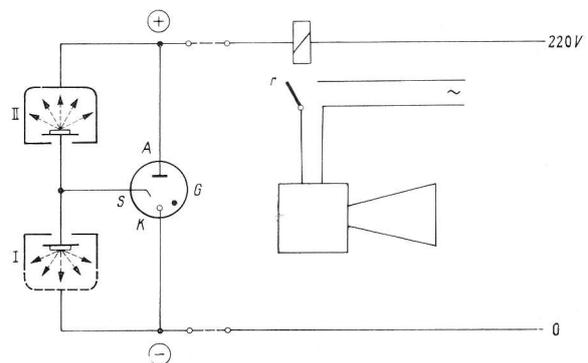
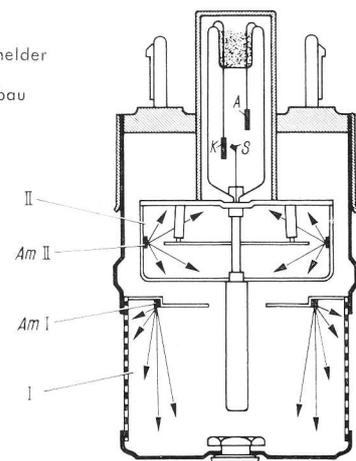


Bild 4. Prinzipschaltung einer Feuermeldealanlage mit Ionisationsfeuermeldern

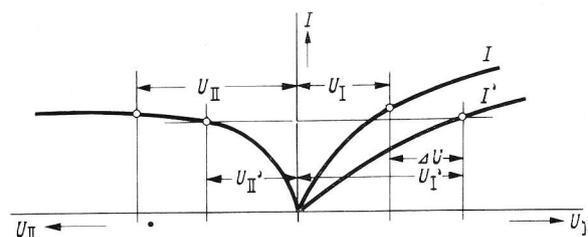


Bild 5. Arbeitsdiagramm des Ionisationsfeuermelders



Der Ionisationsfeuermelder: Elektronik im Dienste des Feuerschutzes

Die elektronische Technik ist viel älter als das Wort „Elektronik“, und über die Grenzen des Begriffes gehen selbst heute noch die Meinungen zuständiger Fachleute auseinander. Definiert man jedoch, wie es sich weitgehend durchgesetzt hat, die Elektronik als „Technik der freien Elektronen“, so darf als eines der Schulbeispiele dieser Technik wohl der Cerberus-Ionisationsfeuermelder gelten, ein selbsttätiger Feuermelder, der in wenigen Jahren eine weite Verbreitung als Frühwarnmelder erringen konnte.

Um zu erfassen, warum der Ionisationsfeuermelder Brandgefahr besonders früh zu melden imstande ist, ist es zweckmäßig, vorher die Arbeitsweise der anderen automatischen Feuermelder kennenzulernen.

Alle Methoden einer selbsttätigen Feuermeldung beruhen darauf, daß man durch Begleiterscheinungen eines entstehenden Brandes die Alarmauslösung herbeizuführen sucht. So benutzen z. B. die gebräuchlichsten automatischen Melder die entstehende Brandwärme, um auf dem Wege über die Wärmeausdehnung von Gasen, Flüssigkeiten oder Metallen (Bimetallstreifen) Alarm auszulösen; sie werden als thermische oder Wärmemelder bezeichnet. Andere Meldersysteme arbeiten elektro-optisch (also auch „elektronisch“): Rauch oder Flammen, die sichtbaren Begleiterscheinungen des Feuers, werden als Warnkriterien herangezogen¹⁾.

Betrachtet man die Arbeitsweise der verschiedenen Melderarten, so liegt ein Vergleich mit den menschlichen Sinnen nahe. Gesteht man den thermischen und elektro-optischen Meldern die Fähigkeit zu, die Wärme zu „erfühlen“ bzw. Rauch und Flammen zu „sehen“, so arbeitet der Ionisationsfeuermelder als ausgesprochenes „Riechorgan“ höchster Empfindlichkeit gegenüber „brenzlischen“ Gerüchen.

Dies ist der eigentliche Grund für seine Sonderstellung als Frühwarn-Melder, denn erfahrungsgemäß entwickelt sich ein großer Teil aller entstehenden Brände aus Schwelvorgängen, d. h. der Überhitzung brennbarer Stoffe, wie sie z. B. ein versehentlich stehengelassenes Bügeleisen zur Folge haben kann.

Ebenso wie der menschliche Geruchsinn ist der Ionisationsfeuermelder fähig, die dabei entstehenden Gase wahrzunehmen, ohne daß diese als Rauch sichtbar zu werden brauchen.

Rauch und Flammen — letztere als Voraussetzung starker Wärmeentwicklung — treten vielfach erst wesentlich später in Erscheinung.

Physikalisches Arbeitsprinzip

Im folgenden soll nun das physikalische Arbeitsprinzip des Ionisationsfeuermelders näher erklärt werden: Die Bezeichnung „Ionisationsfeuermelder“ sagt bereits, daß bei der Funktion des Melders die Ionisation eine wesentliche Rolle spielt. Luft ist im Normalzustand für die Elektrizität nicht leitend. Sie wird es jedoch, wenn sie ionisiert wird. Dies ist z. B. möglich durch die Einwirkung

von ultraviolettem Licht, Röntgenstrahlen oder Strahlen aus radioaktiven Substanzen. In allen diesen Fällen wird ein Teil der bisher elektrisch neutralen Luftteilchen in (negativ geladene) Elektronen und (positiv geladene) Ionen aufgespalten.

Bringt man nun diese positiven und negativen Ladungsträger in ein elektrisches Feld zwischen zwei Elektroden (oder erzeugt sie darin, wie es praktisch üblich ist), so wandern sie jeweils zu der ihnen entgegengesetzt geladenen Elektrode. Damit kommt ein elektrischer Strom zustande. Ein konstruktiv für diesen Vorgang eingerichteter Raum wird als Ionisationskammer bezeichnet. Ionisationskammern werden insbesondere in der Physik und Medizin zum Nachweis von Strahlungen und zur Messung ihrer Intensität verwendet. Beispiele hierfür sind das Röntgenstrahlendosimeter und der Geigerzähler.

Während jedoch in den meisten Geräten das in der Ionisationskammer enthaltene Gas im Augenblick des Strahleneintritts ionisiert und der entstehende Strom als Nachweis der Strahlen gewertet wird, setzt die Funktion des Ionisationsfeuermelders das ständige Vorhandensein ionisierter Luft (Vorionisation) voraus. Man ionisiert hierfür die Luft in einer für die Außenluft zugänglichen Prüfkammer durch dauernd einwirkende α -Strahlen²⁾, die ein in der Kammer befindliches radioaktives Präparat aussendet (Bild 1). Da der Preis der verwendeten Americiumpräparate sehr hoch ist, kann nur eine kleine Menge davon dem einzelnen Melder beigegeben werden³⁾. Der damit hervorgerufene Ionisationsstrom liegt in der Größenordnung von etwa 10^{-9} A. Dieser wird nun, wie man feststellen konnte, merklich geschwächt, sobald Rauch- oder Verbrennungsgase in die Prüfkammer eindringen.

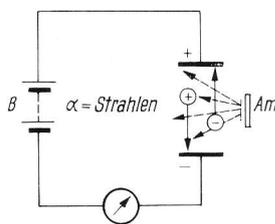


Bild 1 Im Ionisationsfeuermelder wird die Luft durch ein eingebautes Americiumpräparat vorionisiert, d. h. elektrisch leitend gemacht

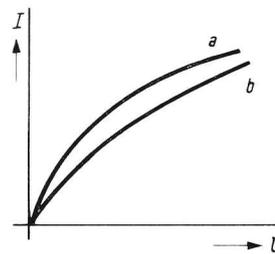


Bild 2 Stromspannungs-Kennlinie einer Ionisationskammer. a = Normalzustand (bei reiner Luft), b = im Gefahrenfall (Luft verunreinigt mit Verbrennungsgasen)

¹⁾ Neue Meldetechnik, ELEKTRONIK 1956, Heft 5, Seite 141

²⁾ Die Ionisierungswirkung der gleichfalls auftretenden β - und γ -Strahlen ist äußerst gering und daher praktisch bedeutungslos

³⁾ Billigere Präparate, insbesondere radioaktive Abfallstoffe, gewährleisten wegen ihres schnelleren Zerfalls nicht die geforderte Konstanz ihrer Strahlungsintensität auf lange Zeit

Durch die Konstruktion der Ionisationskammern sind störende Einflüsse, wie witterungsabhängige Schwankungen des Luftdruckes, der Temperatur und Luftfeuchtigkeit weitgehend unwirksam gemacht. Die Änderung dieser Größen geht langsam vor sich und wirkt sich deshalb in beiden Kammern in gleicher Weise aus. Die elektrische Spannungsverteilung der beiden Kammern ändert sich deshalb nicht.

Parallel zu dem durch die beiden Ionisationskammern gebildeten Spannungsteiler liegt eine speziell für diesen Zweck geschaffene Kaltkathoden-Triode. Wegen der hohen Widerstandswerte der Ionisationsstrecken muß diese Röhre außerordentlich hohe Isolationswerte zwischen den einzelnen Elektroden und eine nahezu völlige Sicherheit gegen Kriechströme haben, da diese die elektrischen Werte im Melder unkontrollierbar beeinflussen und damit seine zuverlässige Funktion in Frage stellen würden.

Die Daten der verwendeten Kaltkathodenröhre (auch als Glimmrelais bezeichnet) sind:

| | |
|--|----------------------------|
| Zündspannung Kathode-Anode | 270 V |
| Zündspannung Kathode-Steuer Elektrode | etwa 110 V |
| erforderlicher Steuerstrom | etwa 3×10^{-11} A |

Technische Arbeitsweise des Melders

Die technische Arbeitsweise des Melders sei an seinem Arbeitsdiagramm (Bild 4) erläutert:

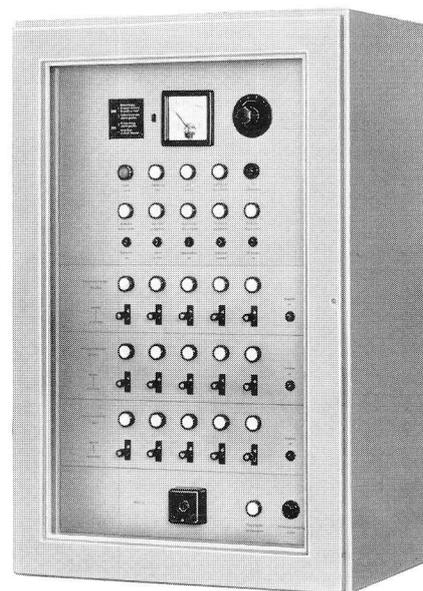
Die Strom-Spannungs-Kennlinie der geschlossenen Ionisationskammer II ist nach links aufgetragen. Die beiden nach rechts aufgetragenen Kennlinien der offenen Prüfkammer I entsprechen den in Bild 2 gezeigten Kurven. Die angegebenen Spannungen U_I und U_{II} kennzeichnen die an den beiden Kammern I und II liegenden Teilspannungen. Alle mit ' versehenen Bezeichnungen (I' , U_I' usw.) gelten für die Verhältnisse bei Einwirkung von Verbrennungsgasen auf den Melder.

Die Summe der beiden Teilspannungen bildet die Betriebsspannung des Melders von 220 V =, die durch eine Spannungsgleichhalterkette (im Prinzipschaltbild nicht dargestellt) konstant gehalten wird. Die Spannung U_I liegt gleichzeitig an der Zündstrecke S—K des Glimmrelais. Die Stärke der Americiumpräparate und der Aufbau der Ionisationskammer II ist so gewählt, daß bei der anliegenden Spannung der „Arbeitspunkt“ schon weit im Sättigungsbereich des Stromes liegt (der flache Verlauf der Kurve zeigt es an). Es bleibt deshalb auch bei Änderung der Spannungsverteilung an den Kammern der Strom durch beide Kammern annähernd konstant. Die Widerstandsänderung der Ionisationskammer I, hervorgerufen durch die auftretenden Verbrennungsgase, wirkt sich daher im wesentlichen als eine Veränderung der Spannungsverteilung in dem Sinne aus, daß die Teilspannung U_I vergrößert wird. Sobald sie die Zündspannung der Steuerstrecke S—K des Glimmrelais G (siehe Bild 5) erreicht hat, zündet die Röhre. Nun fließt zur Anode A der Röhre ein Strom, der ausreicht, um in der Zentrale ein Schaltrelais zum Ansprechen zu bringen, das den Feueralarm auslöst.

Aufbau von Anlagen mit Ionisationsfeuermeldern

Um das Bild abzurunden, sei noch kurz auf den praktischen Aufbau derartiger Anlagen eingegangen. Die

Bild 6.
Feuermelde-
zentrale für
Ionisations-
feuermelder und
Wärmemelder



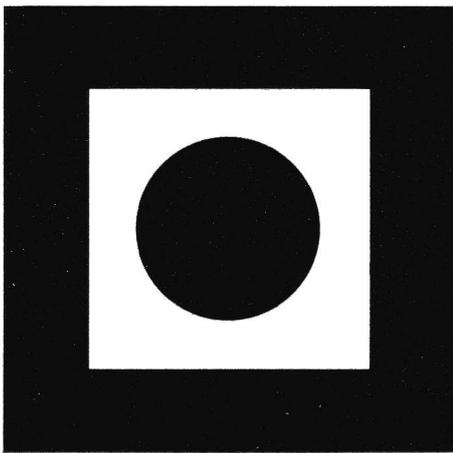
Betriebsspannung von 220 V für die Melder erfordert eine den VDE-Bestimmungen über Starkstromanlagen entsprechende Verlegung des Meldeleitungsnetzes. Dieses besteht, soweit es sich nicht um ganz kleine Anlagen handelt, aus mehreren Meldeleitungen, die an eine gemeinsame Zentrale angeschlossen sind. Jeder dieser Leitungen ist in der Zentrale eine eigene Signallampe zugeordnet. An jede Meldeleitung können mehrere Melder angeschlossen werden, doch soll sichergestellt sein, daß der Gefahrenort im Alarmfall aus der Meldungsanzeige eindeutig zu erkennen und daher schnell zu erreichen ist.

Wie bei allen Feuermeldeanlagen muß selbstverständlich auch bei Anlagen mit Ionisationsfeuermeldern gewährleistet sein, daß Leitungsstörungen selbsttätig signalisiert werden; außerdem müssen die Anlagen mit einer Notstromversorgung ausgerüstet sein, aus der sie im Falle von Netzstörungen gespeist werden. Bild 6 zeigt eine Feuermelde-Zentrale zum Anschluß von Ionisationsfeuermeldern über 15 Meldeleitungen. An die abgebildete Zentrale können auch Wärme- und handbediente Melder angeschlossen werden. Bei den vorgeschriebenen regelmäßigen Überprüfungen wird jeder Melder mit einem „Melderprüfer“ zum Ansprechen gebracht. Der Zeitpunkt der Alarmauslösung wird unmittelbar am Melder durch den Ansprechindikator, eine aufleuchtende Glimmlampe, angezeigt; damit wird die regelmäßige Kontrolle der Anlage sehr einfach und gegebenenfalls das Suchen der Ursache bei etwaigen Fehlalarmen wesentlich erleichtert. Für die bei jeder Überprüfung außerdem durchzuführenden Spannungs- und Strommessungen leistet ein in der Zentrale eingebautes umschaltbares Meßgerät wertvolle Dienste.

Zusammenfassung

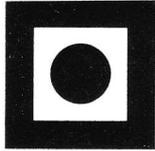
Der elektrische Widerstand einer vorionisierten offenen Ionisationskammer ändert sich in Abhängigkeit von der Reinheit der in der Kammer befindlichen Luft. Die Tatsache, daß sich hierbei Verbrennungsgase besonders stark auswirken, ist die physikalische Arbeitsgrundlage des Ionisationsfeuermelders.

Es werden Arbeitsweise und Aufbau dieses elektronisch arbeitenden Frühwarn-Feuermelders und kurz die technische Ausführung der Anlagen beschrieben.



**Die radioaktive Strahlung
des Ionisationsfeuermelders**

HARALD IBACH



Die radioaktive Strahlung des Ionisationsfeuermelders

1. ALLGEMEINES

Das rauchempfindliche Element des Cerberus-Ionisationsfeuermelders, Typ FES 5 A, ist eine zylindrische Ionisationskammer. Die Luft in dieser Meßkammer und in einer ähnlichen Bezugskammer wird durch radioaktive Präparate ionisiert.

Als radioaktive Substanz für diese Präparate wird Americium 241 in der Form von AmO_2 verwendet. Das Americiumoxyd ist zwischen mehreren Metallschichten eingewalzt und daher dicht eingeschlossen. Diese Folien sind nach einem speziellen patentierten Verfahren hergestellt. Sie dienen unter anderem auch zur Ableitung elektrostatischer Aufladungen an Textil- und Papiermaschinen. Der Aufbau der Folie: Die als Träger dienende 0,15 mm dicke Silberfolie ist einseitig mit einer 0,5 μ starken Goldschicht überzogen, darauf ist das mit Gold vermischte AmO_2 als dünne Schicht aufgetragen. Diese wiederum ist allseitig mit einer weiteren inaktiven Goldschicht ca. 1 μ Stärke abgedeckt. Sowohl Vor- wie Rückseite dieser mehrschichtigen Folie ist mit einer 0,3 μ dicken Paladiumschicht versehen. Sie dient als Schutz gegen Abrieb und korrosive Einflüsse. Dank dieses Aufbaues gilt die Folie als geschlossene Strahlenquelle. Es besteht deshalb keine Gefahr, daß benachbarte Teile oder sogar die Umgebung radioaktiv kontaminiert werden.

Die Melder enthalten 6 Folienstücke in der Meßkammer und 3 Folien in der Bezugskammer. Die Gesamtaktivität des Melders FES 5 A beträgt höchstens 130 μC Am 241. Die radioaktiven Folien sind im Innern des Melders angeordnet und können ohne Zerlegen des Melders nicht berührt werden. Zur Ionisation dient in beiden Kammern hauptsächlich die Alphastrahlung des Präparates, die nach außen hin fast völlig abgeschirmt wird. Nach außen gelangt lediglich die verhältnismäßig energiearme Gammastrahlung des Americiums.

2. MASSEINHEITEN

2.1. Aktivität

Curie — abgekürzt C — ist die Maßeinheit für die Strahlungsstärke (Aktivität) radioaktiver Stoffe. Eine Strahlenquelle hat eine Aktivität von 1 Curie, wenn in ihr pro Zeiteinheit ebensoviel Atom-Zerfallsvorgänge ablaufen wie in einem Gramm Radium, und zwar 37 Milliarden pro Sekunde.

Als Untereinheiten werden benutzt:

$$1 \text{ mC} = 1 \text{ Millicurie} = 0,001 \text{ Curie}$$

$$1 \mu\text{C} = 1 \text{ Mikrocurie} = 0,000\,001 \text{ Curie.}$$

Eine Radiumquelle mit einer Aktivität von 1 Curie enthält also 1 Gramm Radium.

2.2. Dosis

Die Dosis für Röntgen- und Gammastrahlen 1 r entspricht derjenigen Strahlenmenge, die bei Absorption in 1 cm^3 Luft 2,1 Milliarden Ionenpaare erzeugt, (daher auch „Einheit der Ionendosis“ genannt) bzw. bei Absorption in Luft an diese einen Energiebetrag von 83 erg/g Luft, bei Absorption in Wasser oder lebendem Gewebe 93 erg/g Wasser bzw. Gewebe abgibt.

Da sich die Einheit Röntgen nicht allgemein verwenden läßt, hat man zusätzlich die Einheit „rad“ eingeführt, die für alle Arten von ionisierenden Strahlen gilt.

1 rad gibt bei Absorption in Gewebe 100 erg/g (Einheit der absorbierten Dosis bzw. Gewebedosis). Bei weichem Gewebe ist 1 r ungefähr gleich 1 rad.

Die Doseinheit rem berücksichtigt die relative biologische Wirkung der verschiedenen Strahlenarten. 1 rem ist diejenige Dosis, die unter gleichen Bedingungen den gleichen biologischen Effekt erzeugt wie 1 r Röntgenstrahlen hoher Erzeugungsspannung (250 kV).

„rem“—Dosis = „rad“—Dosis \times „RBW“. „RBW“ ist ein Faktor, der angibt wievielfach größer der biologische Effekt einer Strahlung ist, verglichen mit dem der gleichen absolvierten Dosis Röntgenstrahlen unter gleichen Bedingungen.

Für die Einheiten rad und rem bestehen noch keine Meßgeräte, während sich die Einheit Röntgen verhältnismäßig einfach messen läßt. Es gibt leider bisher keine Maßeinheit, die sich meßtechnisch leicht erfassen läßt und die gleichzeitig als Maßstab für die vielseitigen biologischen Wirkungen angewendet werden kann. Da aber bei Bestrahlung des menschlichen Körpers mit Röntgen-, Gamma- oder Beta-Strahlung 1 r etwa 1 rad entspricht, und e rem in diesem Fall die gleiche Wirkung wie 1 rad hat, lassen sich die Meßwerte für r bei Strahlenschutzmessungen auch gleich rem setzen. Die Maßeinheiten r, rad und rem werden wieder unterteilt.

$$1 \text{ mr} = 0,001 \text{ r}$$

$$1 \text{ mrem} = 0,001 \text{ rem}$$

$$1 \text{ mrad} = 0,001 \text{ rad}$$

2.3. Dosisleistung

Die Wirkung der Strahlung sinkt sehr stark, wenn sich eine Dosis auf mehrere kleine Dosen und auf größere Zeiträume verteilt. Daher wurde der Begriff der Dosisleistung eingeführt. Die Dosisleistung ist die aufgenommene Dosis pro Zeiteinheit und wird gemessen in rem/Std bzw. in rem/Woche oder rem/Jahr.

Bei einem Aufenthalt in Räumen, die durch Ionisationsfeuermelder geschützt sind, ist die Strahlenbelastung natürlich sehr viel geringer als bei den genannten Beispielen. So wird die in der ersten Strahlenschutzverordnung festgelegte Dosisleistung von 0,1 mr/h für die Zulassung der Bauart von Vorrichtungen (Abschnitt 2, Ziffer 4) beim Melder FES 5 A in 0,11 Meter von der Oberfläche des Melders gemessen erreicht. Die Dosisleistung des Melders FES 5 A liegt nur knapp oberhalb dieser Grenze. Die Werte zeigen, daß selbst bei einem Aufenthalt während 45 Stunden in der Woche in einer Entfernung von 10 cm vom Melder die für einen größeren Bevölkerungskreis zulässige Dosisleistung nicht erreicht wird.

3. GEFAHREN DER STRAHLUNG

3.1. Umschlossene Strahler

Umschlossene Strahler sind radioaktive Stoffe, die ständig von einer allseitig dichten, festen, inaktiven Hülle umschlossen sind. Durch die Hülle gelangt nur Strahlung nach außen, der Austritt radioaktiver Stoffe wird bei üblicher betriebsmäßiger Beanspruchung mit Sicherheit verhindert.

Allgemein kann gesagt werden, daß die schädlichen Wirkungen der Strahlen auf ihrer Fähigkeit beruhen, im menschlichen Körpergewebe entweder durch direkte Änderung von Eiweißstoffen oder durch Ionisierung chemische Veränderungen hervorzurufen, welche sowohl die einzelnen Zellen als auch den gesamten Organismus nachteilig beeinflussen.

Der menschliche Körper besteht zum größten Teil aus Wasser. Durch die Ionisierung werden beispielsweise die sonst neutralen Wassermoleküle in reaktionsfähige Gruppen aufgespalten, die die Lebensfunktionen der Zellen stören oder auslöschen und so zu ernsthaften Erkrankungen führen können. Auch besteht die Gefahr erbbiologischer Veränderungen innerhalb großer Zeiträume.

Der Ionisationsfeuermelder enthält nur umschlossene Strahler, deren Dosisleistung jedoch außerordentlich gering ist (siehe Abschnitt 4.).

3.2. Offene Strahler

Eine weit größere Gefährdung als die von außen auf den Menschen wirkende Strahlung bilden die offenen Strahler, d. h. radioaktive Gase, Dämpfe, Pulver, Salze und Flüssigkeiten. Sie können beim Eindringen in den menschlichen Körper in den Magen, über die Atmungswege oder durch Hautverletzungen gefährliche Wirkungen selbst in kleinsten Mengen ausüben. Manche Stoffe werden sehr langsam oder gar nicht wieder ausgeschieden; je nach der Aktivität der Halbwertszeit sowie der Verteilung im Organismus kann dann eine dauernde Bestrahlung der umgebenden Gewebezellen aus aller kürzestem Abstand eintreten. Es muß daher mit größter Sorgfalt dafür gesorgt werden, daß eine Inkorporierung, d. h. eine Aufnahme der strahlenden Stoffe in den Körper, unbedingt vermieden wird. Der Ionisationsfeuermelder enthält keinen offenen Strahler.

4. STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG, ZUGELASSENE DOSIS

Jeder Mensch ist ständig einem gewissen Maß an Strahlung ausgesetzt. Ein Teil (33—37 mr/Jahr) rührt von der Höhenstrahlung, d. h. der aus dem Weltall kommenden Strahlung her, ein größerer Teil (ca. 48 mr/Jahr) stammt von den natürlichen radioaktiven Elementen, die in Spuren in unserer Umgebung, in den Gesteinen, im Erdboden und in der Luft, vorhanden sind. Die im Körper selbst befindlichen geringen Mengen radioaktiven Kaliums ergeben ca. 28 mr/Jahr. Diese immer vorhandene Bestrahlung macht im Ganzen etwa 0,5—0,15 r im Jahr aus. Dazu kommt eine geringe Dosis, verursacht durch andere Einflüsse wie z. B. durch die Leuchtzifferblätter der Armbanduhren oder durch die Röntgenuntersuchungen. Alle diese Strahlenbelastungen sind natürlich sehr gering und haben keine nachteiligen Folgen.

Höhere, gefährliche Strahlendosen aber sind durch künstliche Strahlenquellen zu erwarten. Zur Verhütung von Gesundheitsschäden wurden daher max. zulässige Strahlendosen festgelegt und zwar durch die 1. Strahlenschutzverordnung des Bundesministers für Atomenergie und Wasserwirtschaft vom 24. 6. 60.

- a) Für beruflich der Strahlung ausgesetzte Personen darf die Dosis in einem Jahr 5 rem, in 13 aufeinanderfolgenden Wochen 3 rem nicht überschreiten. Bei einer Teilbestrahlung (Hände, Unterarme, Füße, Knöchel) darf die aufgenommene Dosis jährlich bis 60 rem, in 13 Wochen 15 rem betragen.

Eine Dosisleistung von 5 rem/Jahr entspricht ca. 100 mrem/Woche bzw. 2 mrem/h.

- b) Für einen größeren Bevölkerungskreis wird empfohlen, daß eine Dosisleistung von 0,5 rem/Jahr, d. h. 10 mrem/Woche und 0,2 mrem/h nicht überschritten wird. Die unter a) genannten Werte gelten für Personen, die ständig oder gelegentlich mit radioaktiven Stoffen umgehen, z. B. bei der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung in der Industrie, bei der Strahlentherapie in Krankenhäusern oder in Atomkraftwerken und im Forschungslabor.

5. SCHUTZMASSNAHMEN, AUFGABEN DES STRAHLENSCHUTZ-VERANTWORTLICHEN

Bei einem Aufenthalt in Räumen, in denen Ionisationsfeuermelder installiert sind, brauchen im allgemeinen keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen getroffen zu werden. Sicherheitsmaßnahmen müssen lediglich bei der Montage und der Wartung der Melder getroffen werden. Das Einstellen der Meldereinsätze, das Einsetzen in die Sockel, die Inbetriebnahme und die laufende Wartung darf daher nur durch besonders geschultes Personal erfolgen. Die Überwachung der Personen, die diese Arbeiten ausführen, muß durch Filmplaketten und Taschendosimeter geschehen. Die Auswertung der Filmplaketten geschieht monatlich durch die zugelassenen amtlichen Meßstellen*, während die Taschendosimeter täglich von den Mitarbeitern oder deren Vorgesetzten abgelesen werden. Die erhaltenen Dosiswerte aus beiden Meßverfahren in rem bzw. mrem müssen registriert werden. Die Aufzeichnungen sind 30 Jahre lang aufzubewahren und auf Verlangen den Aufsichtsbehörden vorzulegen. Diese Maßnahmen entfallen aber für den Besitzer einer Ionisations-Feuermelderanlage, wenn die Wartung durch die Monteure der Firma Telefonbau und Normalzeit vorgenommen wird.

Die Erste Strahlenschutzverordnung verlangt eine lückenlose Kontrolle des Verbleibs radioaktiver Stoffe und daher eine Anzeige des Erwerbs und der Abgabe

an die Aufsichtsbehörde. Ein Abhandenkommen eines Melders muß ebenfalls unverzüglich angezeigt werden. Wird ein Ionisationsfeuermelder beschädigt oder aus anderen Gründen defekt, so besteht die Gefahr, daß Personen mit dem im Melder befindlichen Präparat in Berührung kommen und durch Aufnahme des radioaktiven Stoffes in den Körper durch Unkenntnis Schaden erleiden. Schadhafte Meldereinsätze, auch solche die durch einen Brand beschädigt wurden, sind also umgehend der Firma Telefonbau und Normalzeit zu melden, so daß sie unverzüglich repariert oder ausgetauscht werden können.

Beim Einhalten dieser Vorschriften besteht keine Gefahr einer Schädigung durch die radioaktiven Stoffe der Ionisationsfeuermelder.

| | |
|---------------------|--|
| * Berlin | Freie Universität Berlin, Strahleninstitut, Meßstelle, Berlin-Charlottenburg, Spandauer Damm 130, Prof. Dr. Oeser. |
| Baden-Württemberg | Landesinstitut für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Karlsruhe, ORGR Dr. Maier, Dr. Dannecker. |
| Bayern | Radiologisches Institut der Universität Erlangen, Prof. Dr. Wachsmann. |
| Hamburg | St.-Georg-Krankenhaus Strahleninstitut, Hamburg Dipl.-Phys. Leetz. |
| Hessen | Meß- und Prüfstelle b. Gewerbeaufsichtsverwaltung, Kassel, Dipl.-Phys. Körner. |
| Nordrhein-Westfalen | Staatliches Materialprüfungsamt Dortmund, Dr. Midecke. |