Infrarottechnik in Sicherheitssystemen

Autor(en): **Muggli, J. / Wägli, P.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **73 (1982)**

Heft 23

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-905039

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Infrarottechnik in Sicherheitssystemen

J. Muggli und P. Wägli

681.7.015.2:53.084.2;

Die Infrarottechnik findet heute in einer Reihe von Fällen sowohl in Brand- wie in Einbruch-Alarmsystemen Anwendung. Die vorliegende Arbeit beschreibt den gegenwärtigen Stand dieser Technik und berichtet über Neuentwicklungen einschliesslich der Anwendung moderner Methoden der Signalverarbeitung. Dabei wird insbesondere die Physik der zu detektierenden Erscheinungen im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die Entwicklung von Infrarotdetektoren behandelt.

La technique de l'infrarouge est maintenant appliquée dans divers cas pour l'alarme en cas d'incendie ou d'effraction. L'article décrit son état actuel et les développements récents, notamment l'application des méthodes modernes de traitement de signaux. Les auteurs traitent en particulier de la physique des phénomènes détecteurs et de leurs effets sur le développement de détecteurs à infrarouge.

1. Infrarot-Sensoren als Flammenmelder

Infrarot-Melder werden heute standardmässig dort eingesetzt, wo ein offenes Feuer erwartet wird, z.B. auf Bohrinseln, um Öltanks usw. Der Melder überwacht den Bereich, in dem der Brand entstehen könnte. Sobald Flammen auftreten, löst er Alarm aus. Diese Funktion kann gleichfalls zur automatischen Inbetriebsetzung eines selbsttätigen Löschsystems dienen.

Das Hauptproblem in der Entwicklung und der Anwendung derartiger Melder besteht darin, eine klare Unterscheidung zwischen wirklichen Flammen einerseits und optischen Störungen anderseits (Sonnenlicht, reflektiertes Licht, Lampen usw.) zu erzielen. Während frühe Modelle von sog. Flammenmeldern auf das sichtbare Licht ansprachen, wurde zur Verbesserung des Verhältnisses zwischen Nutz- und Störsignal die Empfindlichkeit der Melder schrittweise aus dem sichtbaren in den unsichtbaren Bereich verlegt (Fig. 1).

Die Empfindlichkeit heutiger Flammenmelder liegt in einem Bereich, in dem kein Einfluss vom infraroten Anteil des Sonnenlichtes mehr zu befürchten ist. Von den früher verwendeten Siliziumsensoren mit einem Ansprechbereich um 0,9 μm führte die Entwicklung über PbS-Zellen (bis 3 μm) zu den erwähnten pyroelektrischen Sensoren, die, mit geeigneten Interferenz-Filtern versehen, in einem Wellenlängenbereich zwischen 4,1...4,7 μm reagieren. Die Verhältnisse gehen aus den Figuren 2 und 3 hervor:

Störlichtquellen wie z.B. die Sonne oder Glühlampen weisen ein Emissionsspektrum auf, das eine maximale Intensität im Bereich kürzerer Wellenlängen ($\lambda \approx 1$ μm) zeigt. Ferner treten aufgrund der atmosphärischen Einflüsse Absorptionen bei 2,8 μm und 4,3 μm auf. Flammen hingegen weisen im Infrarotbereich ein ausgesprochenes Maximum um 4,3 μm auf. Dies entspricht den Emissionslinien von heissem CO_2.

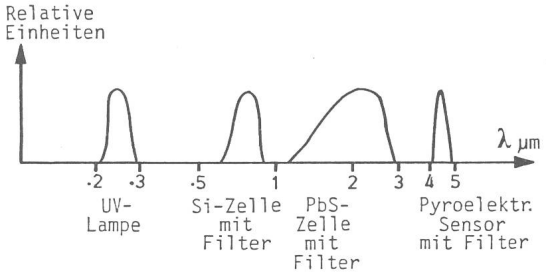

Fig. 1 Ansprechbereiche verschiedenartiger Sensoren bis zum heute verwendeten pyroelektrischen Sensor mit vorgeschaltetem Filter
λ Wellenlänge

Der Einfluss von fremdem Licht ist bei längeren Wellenlängen normalerweise geringer. Verschiebt man das als Warnsignal auszunutzende Spektrum also in den Bereich um 4,3 μm, so erzielt man ein wesentlich besseres Verhältnis zwischen Nutz- und Störsignal. Zusätzlich kann das Flakkern der Flammen im Frequenzbereich von 1 bis 30 Hz als Unterscheidungskriterium gegen statische Interferenz herangezogen werden.

In Extremfällen können Reflexionen von Sonnenlicht oder von sich schnell bewegenden heissen Körpern, z.B. von einem Motor in einem Prüfraum, den Melder trotzdem

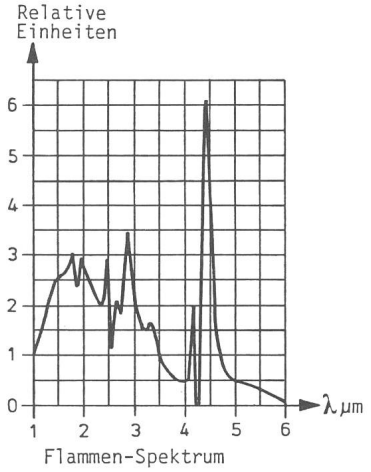

Fig. 2 Spektrum von Flammen
Diese weisen im unsichtbaren Bereich um 4,3 μm ein extremes Maximum auf, das mit den Emissionslinien von heissem CO_2 übereinstimmt, welches im Verbrennungsprozess entsteht.

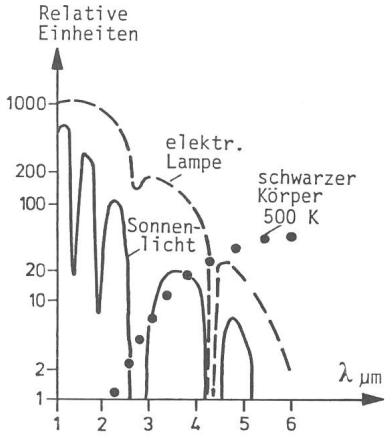

Fig. 3 Spektrum von Sonnenlicht und künstlichem Licht
Es zeigt die Wirkung der atmosphärischen Absorption bei 2,8 μm und 4,3 μm.

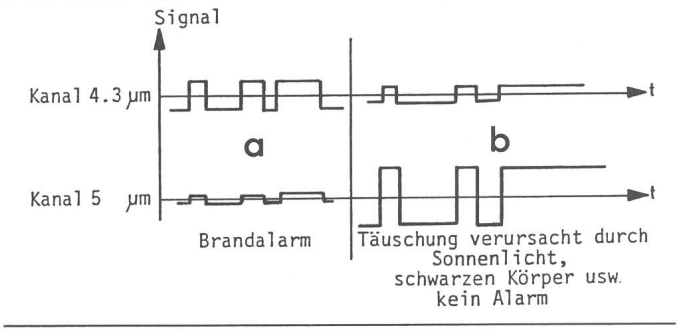

Fig. 4 Mögliche Unterscheidung zwischen echtem und Täuschungsalarm durch Verwendung zweier Kanäle bei $\lambda = 4{,}3$ µm und $\lambda = 5$ µm

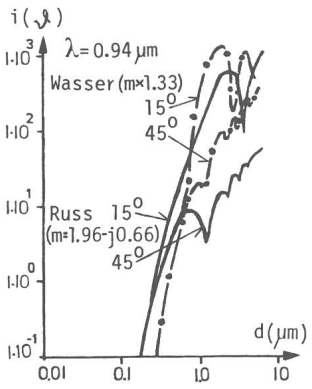

Fig. 6 Unterschiedliche Intensität des gestreuten Lichtes je nach Beobachtungswinkel

Je kleiner der Beobachtungswinkel zur Emissionsrichtung ist, um so grösser wird die Intensität des gemessenen Streulichtes.

noch zu einem (unerwünschten) Ansprechen bringen. Durch Verwendung eines zweiten optischen Kanals, der bei einer etwas längeren Wellenlänge, z.B. bei 5 µm, anspricht, kann dieses Problem aber gelöst werden. Dabei werden Phase und Amplitude der beiden Kanäle miteinander verglichen, um zu entscheiden, ob das Signal durch Flammen oder durch eine Täuschung ausgelöst wurde. Da nämlich thermische Störlichtquellen auf Grund ihrer Temperatur meist ein Emissionsmaximum bei 6...10 µm aufweisen und bei Sonnenlicht oder Glühlampen Absorptionsbänder auftreten, so ist das Verhältnis der Intensitäten I_1 bei $\lambda = 4{,}3$ µm, und I_2 bei $\lambda = 5$ µm eine verlässliche Grösse für die Unterscheidung zwischen echtem Alarm $I_1/I_2 > 1$ und Täuschungsalarm $I_1/I_2 < 1$ (Fig. 4).

Der Vergleich von optischen Eigenschaften und des zeitlichen Ablaufes eines Feuers mit möglichen Täuschungsgrössen verbessert den Abstand zwischen Nutz- und Störsignal in entscheidendem Masse.

2. (Optische) Streulicht-Rauchmelder

Rauchmelder werden zur Frühwarnung bei Brandausbruch eingesetzt. Neben dem oft verwendeten Ionisations-Rauchmelder wird der Streulicht-Rauchmelder in vielen Fällen gebraucht, wo heller Rauch, z.B. von einem Schwelbrand, erwartet wird. Er besteht aus einer Lichtquelle und einem Sensor, der so aufgestellt ist, dass er das Licht nur im Falle von Streuung empfängt.

Die Grössenverteilung der Aerosole, wie sie bei typischen Bränden auftreten, führt zu einem breiten Streulichtspektrum, welches vom UV-Bereich bis ins nahe Infrarot reicht. Figur 5 zeigt die Aerosolverteilung für verschiedene Arten von Bränden (Schwel- und Flammbrände) [1; 2]. Nach der Mie-Theorie hängt die Intensität des gestreuten Lichtes von der Grösse der Aerosolpartikel, dem Material, der Wellenlänge des Lichtes und dem Beobachtungswinkel ab.

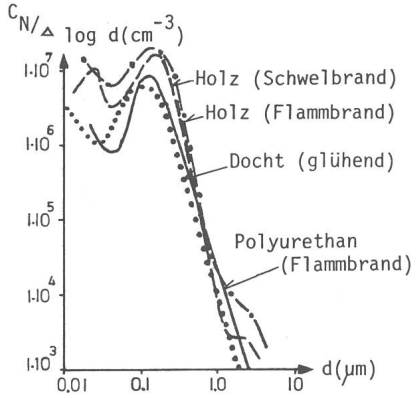

Fig. 5 Grössenverteilung der Brandaerosole bei Schwel- und Flammbränden unterschiedlichen Ursprungs

Der Einfluss des Beobachtungswinkels geht aus Figur 6 hervor. Es zeigt sich, dass es vorteilhaft ist, die Streuung so nah wie möglich in Gegenrichtung zum Lichtstrahl zu messen. Viele Streulicht-Rauchmelder weisen aber eine Optik auf, welche nahezu quer zur Strahlungsrichtung beobachtet.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde ein neues optisches System entwickelt, wie es schematisch in Figur 7 dargestellt ist. Hier wird das Streulicht fast extrem gegen die Strahlungsrichtung gemessen. Lichtausbeute und Langzeitstabilität sprechen für die Verwendung von GaAs oder GaAlAs als IR-Lichtquelle. Als solche kann ein üblicher IRED-Chip (Infraread emitting diode) verwendet werden, als Empfänger eine grosse Si-Zelle. Zwischen beiden wird eine Blende angebracht.

Die infrarote Strahlung wird vom IRED-Chip emittiert. Dieser ist in einer Optik vergossen. Über Totalreflexion in der Spezialoptik wird die infrarote Strahlung auf einem Ring fokussiert. Dadurch wird die Lichtintensität im Streuvolumen erhöht. Das auf der Zylinderachse angeordnete Blendensystem verbessert das Kontrastverhältnis von Fokusring zur Achse, so dass die Si-Zelle kein Licht erhält, wenn sich keine Aerosolpartikel im Lichtstrahl befinden (Fig. 8).

Die wesentlich verbesserte Intensität des Streulichtes ist aber nicht der einzige Vorteil, der sich aus dieser Anordnung ergibt. Die IRED wird nämlich nicht kontinuierlich, sondern intermittierend alle 2 s während 100 µs mit einem 1-A-Impuls gespeist. Diese Betriebsart und die Fabrikationsmethode gewährleisten eine überdurchschnittliche

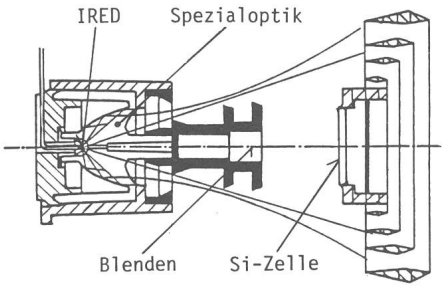

Fig. 7 Schematische Darstellung der Anordnung von Strahlungsquelle, Blende und Si-Zelle im neuen optischen System eines wesentlich wirkungsvolleren Streulicht-Rauchmelders

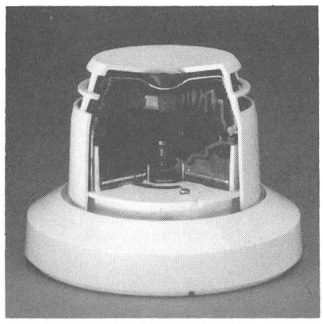

Fig. 8
Das neuartige optische System im verbesserten Streulicht-Rauchmelder

Langzeitstabilität der IRED. Mit einem beschleunigten Test konnte festgestellt werden, dass die Leistung nach rund 46 Jahren (17 000 Tage) immer noch etwa 90% der ursprünglichen Intensität beträgt.

Die Signalverarbeitung dieses Melders erfolgt auf einfache Weise: Sobald die Streulichtintensität ein bestimmtes Niveau überschreitet, tritt ein Zähler in Funktion. Er registriert noch eine gewisse Zahl weiterer «Alarmimpulse» und löst dann Alarm aus.

3. Detektoren für Infrarot-Lichtstrahlen

Lange, gerichtete Lichtstrahlen können in grossen Räumen zur Detektion von Rauch oder als Lichtschranken zur Entdeckung von Eindringlingen verwendet werden (Fig. 9). Auch hier werden Hochleistungs-GaAs-Dioden eingesetzt, die mit ihrer Emissionswellenlänge genau mit der Wellenlänge zusammenfallen, bei der Si-Sensoren ihre höchste Empfindlichkeit aufweisen. Zusätzlich liegt diese Wellenlänge im unsichtbaren Bereich, was insbesondere für Einbruchmelder sehr wichtig ist.

3.1 Einsatz als Rauchmelder

Dieser Melder arbeitet nach dem Extinktionsprinzip: Die beim Brand entstehenden Aerosole schwächen die IR-Strahlung durch Streuung, wie sie durch die Mie-Theorie beschrieben wird (Fig. 10). Aus dieser Figur geht auch hervor, dass, ähnlich dem Streulichtrauchmelder, auch die Stärke der Extinktion von der Aerosolgrösse abhängig ist. Aus solchen Überlegungen findet man, dass die Alarmschwelle bei einer Verdunkelung von etwa .25/m oder

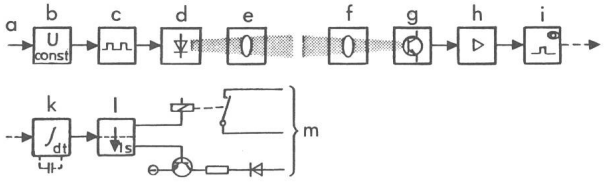

Fig. 9 Blockschaltbild eines «Lichtstrahlmelders», wie er als Rauchmelder oder als Lichtschranke in der Einbruchsicherung zur Anwendung gelangt

a Stromversorgung
b Stabilisierung
c Pulsgenerator
d LED
e, f Linse
g Diode oder Fototransistor
h Verstärker
i Überwachung der Pulsform
k Integrator
l Selbsthaltung für Alarm
m Alarmausgang

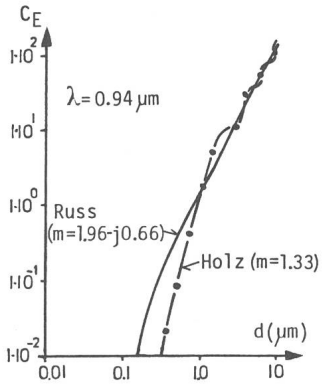

Fig. 10
Schwächung eines Lichtstrahls durch eindringende Aerosole bei λ = 0,94 µm

5%/m liegen sollte. Dieser Wert muss dann aber selbst unter schwierigen Umgebungsbedingungen stabil bleiben. Als solche sind Temperaturdifferenzen, Staubentwicklung und natürlich Vibrationen anzusehen.

Um den Einfluss der Vibrationen auszumerzen, muss das optische System vibrationsfest auf einer soliden Unterlage montiert werden. Eine genaue Justierung ist ebenfalls nötig. Ist der Strahl zu weit, wird das Signal auf beispielsweise 100 m zu schwach. Ist er anderseits zu eng, können Temperaturschwankungen und Vibrationen den Strahl aus dem Zentrum lenken, was sich wie eine Abschwächung des Strahles durch Rauch auswirken kann und so einen Fehlalarm zur Folge hat.

Um äusseren Täuschungserscheinungen entgegenzuwirken, wird der Strahl gepulst. Staubablagerungen und Abnutzung der IRED müssen kompensiert werden. Deshalb muss die Signalverarbeitung zwischen Langzeit-Änderungen (in Tagen ausgedrückt) und schnellen Veränderungen (innert weniger Stunden) unterscheiden, um so Feuer oder gar langsame Schwelbrände sicher zu erkennen (Fig. 11). Ein plötzlicher Unterbruch des Strahls sollte anderseits keinen Alarm auslösen, sondern als Störung gewertet werden. In analoger Weise soll bei starker Staubablagerung ein Störsignal ausgelöst werden, während das System immer noch fähig ist, einen Alarm zu erkennen und weiterzuleiten.

3.2 Einsatz als Lichtschranke

Die Problematik in der Anwendung von Lichtstrahlen als Einbruchdetektor liegt gerade entgegengesetzt: Langsa-

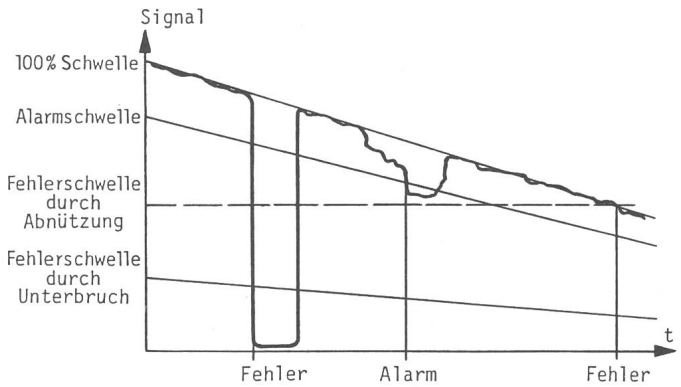

Fig. 11 Alarm- und Störschwelle
Auch bei grösseren Staubablagerungen und Abnutzung der IRED muss die Alarmschwelle automatisch nachgeführt werden. Übermässige Verschmutzung muss zu einer Störmeldung führen.

me Änderungen der Lichtintensität (Nebel usw.) sollen keinen Alarm auslösen, während kurze Unterbrechungen als Alarm interpretiert werden müssen. Dies kann durch die Signalverarbeitung geschehen, indem die Alarmschwelle dem Signalmittelwert über einen entsprechenden Zeitraum nachgeführt wird. Eine andere Methode besteht darin, dass man die Si-Zelle in der Sättigung betreibt, wobei man nur eine fast vollständige Unterbrechung der Strahlung über Zeiten von typisch 60–100 ms als Alarmkriterium betrachtet.

Ein weiteres Problem in der Anwendung infraroter Strahlen als Einbruchmelder besteht in möglichen Versuchen, den Melder zu sabotieren. Dazu könnten externe Lichtquellen verwendet werden, welche dem Melder eine intakte Überwachungsstrecke vortäuschen, während der Strahl in Wirklichkeit unterbrochen ist. Um dies zu verhindern, können mehrere Massnahmen, zum Teil auch kombiniert, ergriffen werden. Eine Möglichkeit besteht in der Überwachung der Pulsrepetitionsrate, die dann von der Fremdlichtquelle exakt eingehalten werden muss. Des weiteren kann die Pulsbreite und die Pulsanstiegszeit überwacht werden. Beide Massnahmen steigern die Anforderungen an eine (sabotierende) Fremdlichtquelle in erheblichem Masse und verlangen zudem eine gute Kenntnis des Systems, um erfolgreich zu sein.

Durch solche Massnahmen kann die Sicherheit einer Anlage wesentlich gesteigert werden. Bei höchsten Sicherheitsansprüchen (Kernkraftwerken, Flughäfen usw.) können zusätzlich Sender und Empfänger synchronisiert werden, was eine Sabotage praktisch verunmöglicht.

4. Passive Infrarotmelder

Die Passiv-Infrarot-Technik wird zum Erkennen von Bewegungen warmer Körper (z.B. eines Menschen) im zu überwachenden Raum verwendet. Ein PIR-Melder (Passiv-Infrarot-Melder) besteht normalerweise aus einem mit mehreren Facetten versehenen Spiegelsystem (Fig. 12), das die aus verschiedenen Richtungen empfangene Strahlung auf einen pyroelektrischen Sensor projiziert. Die typische Form eines solchen Empfangsbereiches ist in Figur 13 dargestellt.

Wenn sich ein warmer Körper durch eine aktive Zone bewegt, entsteht ein Signal am Sensorausgang; sobald die Amplitude eine vorbestimmte Schwelle übersteigt, wird Alarm ausgelöst. Um Fehlalarme durch sichtbares Licht zu unterdrücken, wird ein IR-Filter verwendet, welches nur

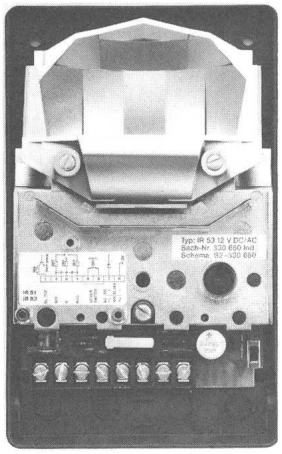

Fig. 12
Typisches Spiegelsystem eines PIR-Melders, das fächerförmig infrarote Strahlung aus mehreren Sektoren in mehreren Überwachungsebenen empfängt

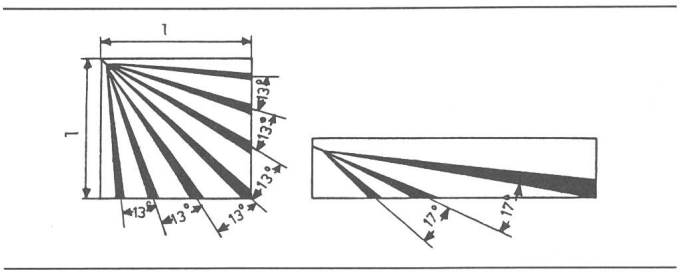

Fig. 13 Typischer Fächer der aktiven Zonen eines PIR-Melders in einem Raum von oben und von der Seite

die IR-Strahlung zwischen 8...14 μm durchlässt, also den Bereich, in welchem der menschliche Körper die stärkste Strahlung abgibt.

Heute wird häufig eine Sensorschaltung nach Figur 14 angewandt. Sobald sich ein warmer Körper durch eine aktive Zone bewegt, ändert sich die Temperatur des pyroelektrischen Sensors. Dadurch wird das Ladungsgleichgewicht des pyroelektrischen Materials verändert, und der Impedanzwandler erzeugt eine typische Wellenform (Fig. 15). Ihre Breite ist proportional der Gehgeschwindigkeit des Körpers, die Amplitude proportional der Temperatur des Körpers gegenüber dem Hintergrund sowie der Gehgeschwindigkeit. Dieses Verhalten ist darauf zurückzuführen, dass der pyroelektrische Sensor sowohl thermisch wie elektrisch ein Filter darstellt, welches die in Figur 17 dargestellte Übertragungsfunktion aufweist.

Daraus ergeben sich nun folgende Problemkreise von PIR-Meldern: Auf Grund der Frequenzcharakteristik besteht bei reiner Amplitudenauswertung die Möglichkeit, dass ein Objekt, welches sich mit extrem kleiner (<10 cm/s) oder extrem hoher (>5 m/s) Geschwindigkeit bewegt und zudem einen kleinen Temperaturkontrast gegenüber dem Hintergrund aufweist, nicht mehr sicher detektiert wird.

Zur Unterdrückung von Fehlalarmen, ausgelöst durch Sonnenlicht oder durch Warmluftströmungen von Heizungen, welche die Temperatur des IR-Fensters verändern können, werden heute häufig sog. Differentialsensoren verwen-

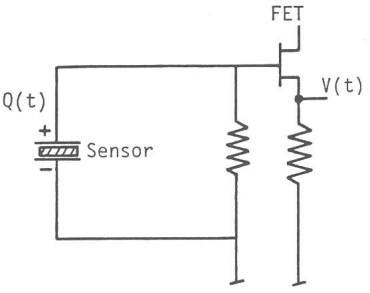

Fig. 14
Übliche Schaltung des Sensors eines PIR-Melders

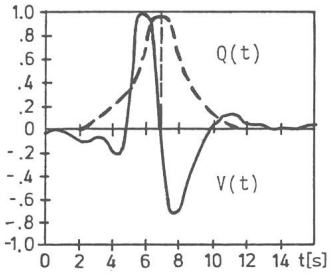

Fig. 15
Signalverläufe gemessen an einem pyroelektrischen Sensor gemäss Fig. 14

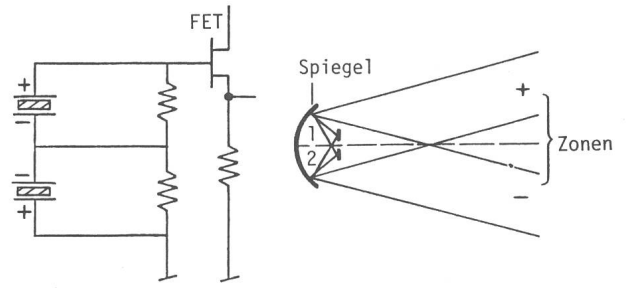

Fig. 16 Zwei PIR-Sensoren in Differential-Schaltung. Rechts die schematische Darstellung der Überlappung der aktiven Zonen in Meldernähe

det. Dies ist schematisch in Figur 16 dargestellt. Die beiden so beschalteten Sensoren überwachen zwei Zonen, die sich in Meldernähe überlappen. Dadurch werden Signale, welche vom IR-Fenster oder vom Gehäuse des Melders herrühren, unterdrückt, und zwar um so besser, je genauer die Empfindlichkeiten der beiden Kanäle übereinstimmen. Damit verbunden ist aber auch eine Reduktion der Empfindlichkeit im Nahbereich (Fig. 17). Diese Reduktion kann man beheben, wenn man sich die Eigenschaften der Signale vor Augen hält, wie sie von typischen Ereignissen zustandekommen:

- Signale von bewegten Objekten im Nahbereich weisen hohe Frequenzen auf (1 Hz...5 Hz).
- Signale von Täuschungsgrössen (Luftturbulenz) weisen wegen der verschiedenen thermischen Zeitkonstanten (z.B. Aufheizzeit von Fenster und Gehäuse) tiefe Frequenzen auf (unter 0,1 Hz).

Daraus ergibt sich, dass die Empfindlichkeiten der beiden Kanäle e_1 und e_2 nur bei tiefen Frequenzen gut übereinstimmen sollte und dass ihre Differenz $(e_1 - e_2)$ bei hohen Frequenzen möglichst gross sein muss. Das kann durch die in Figur 18 dargestellte Modifikation des PIR-Sensors erreicht werden:

Die elektrische Kapazität des einen Kanals wird vergrössert, wodurch sein Verhalten bei hohen Frequenzen beeinflusst wird, und die Empfindlichkeitsdifferenz $(e_1 - e_2)$ wird frequenzabhängig (Fig. 19).

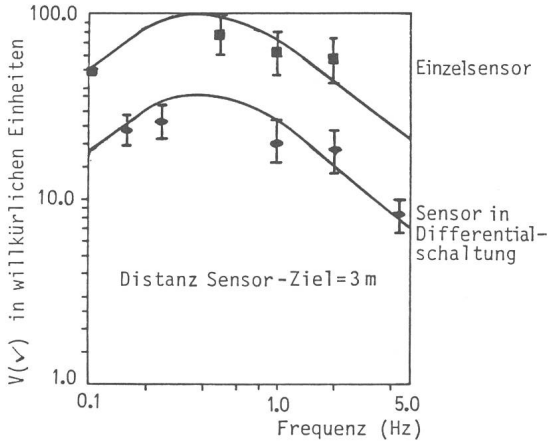

Fig. 17 Frequenzabhängigkeit der Empfindlichkeit von pyroelektrischen Sensoren

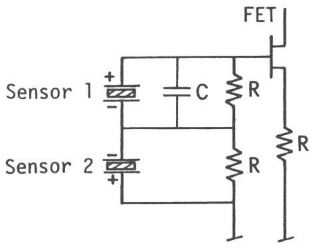

Fig. 18 Schaltung eines pyroelektrischen Sensors zur Verbesserung der Nahbereichsempfindlichkeit

Um nun aber eine allgemeine Steigerung der Empfindlichkeit und eine Reduktion der Fehlalarmanfälligkeit zu erreichen, muss man sich moderner Methoden der Signalverarbeitung bedienen. Dabei wird das Signal nicht nur nach Amplitude, sondern zusätzlich auch nach seiner charakteristischen Form ausgewertet. Dazu werden im Speicher eines Mikrocomputers Referenzsignale gespeichert, die verschiedenen Schrittgeschwindigkeiten entsprechen. Jedes vom Sensor abgegebene Signal wird nun mit den Referenzsignalen verglichen, indem die Kreuzkorrelation c zwischen Sensorsignal und den Referenzen berechnet wird. Ein Wert von $c = 1$ entspricht dabei der Identität von Sensorsignal und Referenz. Für jedes Signal wird nun die Amplitude v mit einem Schwellwert v_t verglichen, und Alarm wird ausgelöst, wenn gleichzeitig mit $v > v_t$ auch die Korrelation c mit einem der Referenzsignale einen Wert c_t übersteigt. Der Einfluss dieser Massnahme auf die Alarmschwelle v_t ist unverkennbar. Wird kein Ähnlichkeitsvergleich vorgenommen, $c_t = 0$, so braucht man einen Wert von v_t, der etwa dem siebenfachen Wert des Sensorrauschens entspricht, um eine mittlere Zeit zwischen Fehlalarmen von 50 Jahren zu erreichen. Je höher die Anforderungen an die Ähnlichkeit eines Sensorsignals mit einer Referenz gesetzt werden (c_t geht gegen 1), um so tiefer kann bei konstanter Fehlalarmrate die Amplitudenschwelle angesetzt werden. Dadurch ergibt sich eine generelle Erhöhung der Empfindlichkeit um nahezu das Zehnfache (Fig. 20).

Eine weitere Anwendung der Korrelationsmethode besteht im Messen des Abstandes, in dem ein Ereignis eintritt. Damit wird es möglich, zwischen Nahereignissen wie Störungen oder Sabotage und Fernereignissen zu unterscheiden, wie sie z.B. durch die Bewegung von Körpern durch aktive Zonen entstehen. Dazu werden zwei verschiedene optische Systeme und Sensoren verwendet. Während Sensor 1 nach dem Muster von Figur 13 arbeitet, beschränkt

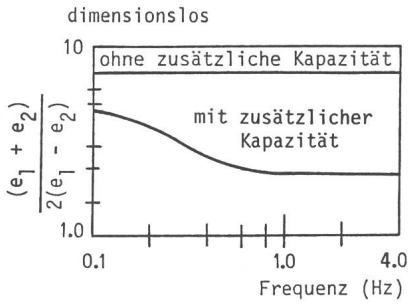

Fig. 19 Durch Erhöhung der Kapazität des einen Kanals wird sein Verhalten bei hohen Frequenzen beeinflusst, indem die Differenz $(e_1 - e_2)$ der Empfindlichkeit frequenzabhängig wird.

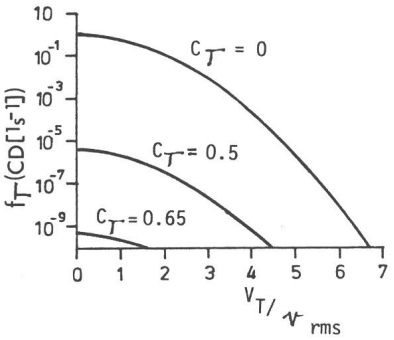

Fig. 20 Einfluss der Signalverarbeitung auf die Detektionsschwelle eines passiven Infrarotmelders

sich Sensor 2 auf die direkte Umgebung des Detektors (Fig. 21). Die Kreuzkorrelation *c* zwischen den beiden Sensorsignalen wird dann wieder im Mikrocomputer berechnet. Der Wert *c* bleibt in der Nähe von 1, falls sich die Strahlungsquelle in der Nähe des Melders befindet, wo sich die beiden Überwachungsbereiche von Sensor 1 und Sensor 2 überlappen.

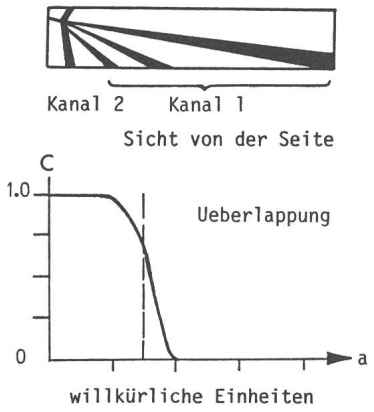

Fig. 21 Die Kombination von zwei Sensoren und Anwendung der Kreuzkorrelation erlaubt die Messung der Distanz, in welcher ein Ereignis stattfindet

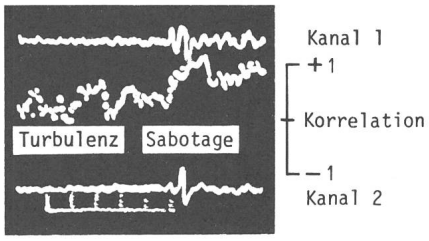

Fig. 22 Korrelationssignal für verschiedene Ereignisse im Nahbereich

Korrelationssignale, wie sie von Warmluftturbulenz und Sabotage (Abdecken des Melders) im Nahbereich erzeugt werden, sind in Figur 22 dargestellt. Man erkennt, dass beide Effekte durch eine erhöhte Korrelation *c* angezeigt werden, wobei die Warmluftturbulenz wegen ihrer statistischen Natur durch etwas kleinere Werte von *c* angezeigt wird, was eine Unterscheidung der beiden Effekte erlaubt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es die detaillierte Analyse der physikalischen Eigenschaften der zu detektierenden Ereignisse erlaubt, angepasste Sensordesigns und Signalanalyseverfahren zu entwickeln, welche das Verhältnis zwischen Nutz- und Störsignal optimieren und so die Fehlalarmrate auf ein Minimum reduzieren.

Literatur

[1] *W. Kirsch:* Zur Bestimmung der für die selbsttätige Brandentdeckung geeigneten Wellenlängengebiete im Bereich der Infrarotstrahlung. Diss. TH Aachen; 1970.

[2] *C. Helspa* a.o.: Particle number distributions of aerosols from testfires. J. Aerosol Sci., vol. 11, p. 439...446.

Adresse der Autoren

Dr. J. Muggli und *Dr. P. Wägli*, Cerberus AG, Detektionstechnik, 8708 Männedorf.