



Universität  
Duisburg  
Gesamthochschule



Akademie  
für Wissenschaft  
und Technik

Träger: Förderverein  
Unsere Duisburger  
Hochschule e. V.

**A U B E ' 8 9**

9. INTERNATIONALE KONFERENZ  
ÜBER

**AUTOMATISCHE  
BRANDENTDECKUNG**

26. - 28. SEPTEMBER 1989  
IN DUISBURG  
FED. REP. OF GERMANY

**PROCEEDINGS**

**Luck, Heinz (Editor):**

9. Internationale Konferenz über Automatische  
Brandentdeckung AUBE '89, Proceedings / von  
Heinz Luck (Editor). - Aachen: Mainz 1989  
ISBN 3-925714-24-3

Verlag G. Mainz  
September 1989

Anschrift des Editors:  
Prof. Dr.-Ing. H. Luck  
Fachgebiet Nachrichtentechnik  
Universität-GH-Duisburg  
Bismarckstr. 81  
D-4100 Duisburg  
Fed. Rep. of Germany

Herstellung: Fotodruck Mainz GmbH, D-5100 Aachen  
Neupforte 13 Tel. 0241/27305 u. 38606

ISBN 3-925714-24-3

Die 9. Internationale Konferenz über "Automatische Brand-entdeckung" wäre ohne die entscheidende finanzielle Unterstützung der folgenden Unternehmen und Einrichtungen nicht durchführbar gewesen:

- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen
- Siemens AG, München

Weitere finanzielle Unterstützung leisteten:

- Allianz Versicherungs-Aktiengesellschaft, München
- Cerberus AG, Männedorf/Schweiz
- Elektra Versicherungs-Aktiengesellschaft, Frankfurt
- Gerling-Konzern, Allg. Versicherungs-AG, Köln
- National Union Feuerversicherungsgesellschaft, Frankfurt
- Provinzial Feuerversicherungsanstalt der Rheinprovinz, Düsseldorf
- Sparkasse Moers, Moers
- Stadtwerke Duisburg, Duisburg
- Württembergische Feuerversicherungs-AG, Stuttgart

Ihnen allen sei sehr herzlich dafür gedankt.

Für die wesentliche materielle und organisatorische Hilfe gilt der Dank

- der Akademie für Wissenschaft und Technik (Träger: Förderverein "Unsere Duisburger Hochschule e.V.") und
- der Universität-GH-Duisburg, mit deren wohlwollender Unterstützung und in deren Räumen die Tagung stattfindet.



September 1989

Universitätsprofessor  
Dr.-Ing. H. Luck





The 9th International Conference on "Automatic Fire Detection" was organized with the decisive financial support from the following authorities:

- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen
- Siemens AG, München

Further financial support came from:


- Allianz Versicherungs-Aktiengesellschaft, München
- Cerberus AG, Männedorf/Schweiz
- Elektra Versicherungs-Aktiengesellschaft, Frankfurt
- Gerling-Konzern, Allg. Versicherungs-AG, Köln
- National Union Feuerversicherungsgesellschaft, Frankfurt
- Provinzial Feuerversicherungsanstalt der Rheinprovinz, Düsseldorf
- Sparkasse Moers, Moers
- Stadtwerke Duisburg, Duisburg
- Württembergische Feuerversicherungs-AG, Stuttgart

The organizers wish to thank them all.

Important contributions for the conference and its preparation came from

- the Akademie für Wissenschaft und Technik (Träger: Förderverein "Unsere Duisburger Hochschule e.V.") and
- the Duisburg University considerably supporting the conference and placing the conference rooms at our disposal.

September 1989

  
Universitätsprofessor  
Dr.-Ing. H. Luck



La 9<sup>ème</sup> Conférence Internationales de "Détection automatique d'Incendie" n'aurait pas eu lieu sans le support financier à caractère décisif des entreprises et organisations suivants:

- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen
- Siemens AG, München

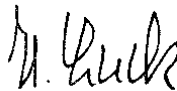
Un autre support financier a été accordé par

- Allianz Versicherungs-Aktiengesellschaft, München
- Cerberus AG, Männedorf/Schweiz
- Elektra Versicherungs-Aktiengesellschaft, Frankfurt
- Gerling-Konzern, Allg. Versicherungs-AG, Köln
- National Union Feuerversicherungsgesellschaft, Frankfurt
- Provinzial Feuerversicherungsanstalt der Rheinprovinz, Düsseldorf
- Sparkasse Moers, Moers
- Stadtwerke Duisburg, Duisburg
- Württembergische Feuerversicherungs-AG, Stuttgart

J'adresse à tous mes remerciements les plus profonds.

Pour l'aide matérielle essentielle, c'est en matière d'organisation et de support volontier, j'aimerais également remercier les institutions suivantes:

- Akademie für Wissenschaft und Technik (Träger: Förderverein "Unsere Duisburger Hochschule e.V.") et
- Universität-GH-Duisburg, qui a mis les locaux de la conférence en disposition.



Sept. 1989

Professeur  
Dr.-Ing. H. Luck



H. Luck

Universität Duisburg, Duisburg, Fed. Rep. of Germany

### Ungelöste Probleme und zukünftige Aufgaben in der Technik automatischer Brandentdeckung

Die Technik der automatischen Brandentdeckung ist in vieler Hinsicht weit entwickelt und ausgereift. Die konventionellen Brandsensoren gehören zu diesem Bereich. Auf anderen Gebieten gibt es - verglichen mit anderen technischen Bereichen - noch deutliche Defizite, so daß sich folgende aktuelle Themen bzw. wissenschaftliche Fragestellungen ergeben:

- Es fehlt eine angemessene Beschreibung der zu entdeckenden Vorgänge und der Störgrößen durch mathematisch handhabbare Modelle. Eine solche Beschreibung ist die Grundlage zu einer brauchbaren Simulationstechnik, die in anderen technischen Bereichen unverzichtbares Entwicklungshilfsmittel ist.
- Es fehlt die systematische Erforschung möglicher Detektionsalgorithmen zur Verbesserung der Detektivität, d.h. zum besseren Unterscheidungsvermögen zwischen BRAND und NICHT-BRAND Situationen. Dabei muß auch der Fall der Mehrfachgrößen-Beobachtung einbezogen werden.
- Die Arten, die Ursachen und mögliche Vermeidungsstrategien für unerwünschte Alarme sind noch keineswegs so vollständig erfaßt, daß man von verfügbarem Lehrbuchwissen zur technischen oder organisatorischen Verwendung sprechen kann.
- Die technischen Möglichkeiten und die Grenzen moderner Sensorik in Verbindung mit softwaregesteuerter Elektronik sind für die automatische Brandentdeckungstechnik noch keineswegs abgesteckt. Die Ausnutzung der Möglichkeiten moderner Informationstechnik (z.B. wissensbasierte Systeme, Komponentenfehlerentdeckung) ist nicht ausgelotet.
- Neue Mittel zur Übertragung von Alarmsignalen und Störungsmeldungen ergeben sich durch die moderne Entwicklung der Kommunikationsnetze (ISDN, TEMEX etc.).

Die Einbeziehung dieser Punkte in die Entwicklung der nächsten Zukunft wird Auswirkungen auf mindestens folgende drei Bereiche haben:

- Die Planungs- und Anwendungsgrundsätze werden mit dem Ziel angepaßt werden müssen, neue Erfahrungen nutzbar zu machen.
- Teststrategien und Prüfmethode n müssen einerseits ebenfalls angepaßt werden, andererseits mit dem Ziel sorgfältig überprüft werden, die

Übersicht über den Prüfaufwand und die zugehörigen Kosten zu behalten und diese für den Anwender überschaubar zu machen.

- Internationale Normen und die Anerkennungsverfahren sind zu erheblichen Teilen zu überarbeiten. Das ist im europäischen Raum auch wegen der Vereinheitlichung des europäischen Marktes geboten.

Das neue DUISBURGER BRANDENTDECKUNGS-LABORATORIUM kann und soll in internationaler Zusammenarbeit seinen Beitrag zu allen oben angesprochenen Punkten leisten. Es eignet sich für folgende Aktivitäten besonderes gut :

- Versuchsbrände in jeder Anfangsphase des Feuers.
- Versuche über das Ausbreitungsverhalten von Rauch und von Brandgasen unter verschiedenen Bedingungen (z.B. Entstehungsbrände mit und ohne Thermik).
- Testserien nach verschiedenen genormten Prozeduren. Das Laboratorium ist mit vielen Variationsmöglichkeiten ausgestattet und eignet sich daher für grundsätzliche Untersuchungen mehr als für routinemäßiges Testen.
- Versuche unter NICHT-BRAND - Bedingungen wie z.B. variablen Belüftungsbedingungen oder veränderbarer Raumgeometrie.

Die 9. Internationale Konferenz über "Automatische Brandentdeckung" behandelt alle oben angeführten Gesichtspunkte, soweit wissenschaftliche Arbeiten darüber verfügbar waren oder entsprechende Entwicklungen erkennbar wurden. Sie gibt auch Gelegenheit, das neue Laboratorium näher kennenzulernen.

Allen aktiv Mitwirkenden sei an dieser Stelle herzlich für ihre kompetente und engagierte Mitarbeit gedankt.

<u>Inhalt</u>		<u>Seite</u>
<u>Content</u>		<u>Page</u>
<u>Contenu</u>		<u>Page</u>
Hug, L.	Die Sonderstellung der Sicherheitstechnik aus unternehmerischer Sicht	1
Kunz, F.	Automatische Brandmeldeanlagen - ihre Wirksamkeit; Falschalarme und Maßnahmen zur Reduzierung	11
Fischer, B.	Ursachen unerwünschter Alarmer und ihre Vermeidung	25
Sehat, J.	Konzepte zur Selbstüberwachung automatischer Brandmeldeanlagen	37
Ahola, H. Kokkala, M.	Experimental studies on detection of smouldering fires	53
Oram, D.O.	Design of software based alarm systems	75
Appleby, D. Ellwood, S.H.	A fire detection system using distributed processing	101
Hess, E.	Brandmeldeanlagen für die Praxis	117
Diekmann, A.	Prozessorgesteuerte Brandmelder Apollo Serie 90: Optimierung der Analogtechnik	135
Middleton, J.F.	Flame detectors	143
Grapengiesser, C.	Neue Lichtleitfaser-Flammen-detektoren	155
Falco, L. Debergh, P. Edye, Th.	Optical fiber alarm systems	171
Skala, G.F.	The IFD II - A new generation fire detection system	181
Schierau, K.	Temperaturfeldmessungen als eine Möglichkeit zur Lokalisierung von Brandherden und zur Feststellung von Brandentwicklungen	199

Inhalt		Seite
Content		Page
Contenu		Page
Schmidt-Ott, A. Krüll, W. Burtscher, H.	Elektrostatistischer Brandmelder	215
Ellwood, S.H.	Analogue optical/heat fire detection	229
Ishii, H. Ono, T. Yamauchi, Y. Ohtani, S.	An algorithm for improving the reliability of detection with processing of multiple sensor's signal	245
Roux, G.	Problème rencontré avec la modélisation des débuts d'incendie et de ce fait la difficulté d'écrire un algorithme de détection d'incendie	265
Smithies, J.N. Burry, P.E. Spearpoint, M.J.	Background signals from fire detectors - measurement, analysis and application	279
Ryser, P. Wieser, D.	Erfassung und Analyse von Brandsensor-Signalen in ausgewählten Umgebungen	297
Vesin, J.-M. Wieser, D. Ryser, P.	Modelling of fire detector signals	305
Tinkl, W.	Brandkenngrößen, analog gemessen und analog übertragen	319
Post, O.	Ein Meßwerterfassungs- und Registriersystem für Brandkenngrößen	339
Klose, J.	Analyse und Simulation von Brandkenngrößenverläufen	363
Siebel, R.	Zum Entwurf von Detektionsalgorithmen unter Einbeziehung verschiedenartiger Brandkenngrößen	391



<u>Inhalt</u>		<u>Seite</u>
<u>Content</u>		<u>Page</u>
<u>Contenu</u>		<u>Page</u>
Okayama, Y.	A primitive study on fire detection method controlled by artificial neural net	409
Harwood, J.A. Reynolds, C, Moseley, P.T. Peat, R.T.	The use of low power carbon monoxide sensors to provide warning of fire	433
Dobos, K. Sokat, J.	Chemische Sensoren für die automatische Brandmeldetechnik	449
Plank, K.L.	Neue Kommunikationsnetze für die Gefahrenmeldetechnik	467
Brüntrup, H.	Auswirkungen der weiterentwickelten Sensorik auf die Übertragungsmöglichkeiten im ISDN	479
Oppelt, U.	Nutzung neuer Dienste der Deutschen Bundespost für die Brandalarmübermittlung	489
Schüngel, H.	TEMEX - ein sicheres Übertragungsverfahren für Gefahrenmeldungen?	505
Kirchner, H.	TEMEX - eine wirtschaftliche Lösung auch für die Übertragung von Brandmeldungen	511
Beenken, D.	Probleme kombinierter Systeme aus der Sicht der Feuerversicherer	521
Ruggli, M.	Betrachtungen zur Autonomie von Gefahrenmeldeanlagen	535
Bryant, P.	Building management systems and standardization	547
Prunier, J.	Compatibilité entre la Gestion Technique Centralisée et la supervision des alarmes incendie	555

Inhalt		Seite
Content		Page
Contenu		Page
Detriche, Ph.	Influence of compatibility and of failure safe configuration on the security of a fire detection system associated with an integrated building management system	575
Magnet, D.	Signalisation d'incendie comme partie de la Gestion Technique Centralisée (GTC)	595
Khiabani, F.	Integrierte Gebäudeautomation - Intelligente Gebäude	623
Heinen, B.	Gefahrenmeldetechnik und Gebäudeleittechnik - Grenzen der Integration	637
Bamert, E.	Anforderung der Betreiber, Versicherer und Behörden - Stand der Harmonisierung von Richtlinien und Normen in Europa	651
Scheidweiler, A.	Über Erfahrungen und Erkenntnisse bei der Erarbeitung Europäischer Normen im Bereich der Brandmeldung	661
Kaiser, J.	Applikationsrichtlinien für Brandmeldeanlagen aus der Sicht 1992/93	673
Roux, J.C.	Situation internationale en matière de normes et de méthodes d'essai	683
Middleton, J.F.	European and international standards for alarm transmission	693
Hansen, S.L.	Experience with software analysis as a test procedure	703
Christensen, J.D.	Experience with electromagnetic compatibility (EMC) testing	715

<u>Inhalt</u>		<u>Seite</u>
<u>Content</u>		<u>Page</u>
<u>Contenu</u>		<u>Page</u>
Sans, J.G.	L'assurance qualité dans le laboratoire d'essais de détection d'incendie	725
Schlossarek, U.	Computerunterstützte Automatisierung des Ablaufs technischer Prüfungen	733
Kainz, Ch.	Brand- und Löschversuche in EDV-Anlagen	747
Avlund, M.	The European approach for smoke measurements is getting worldwide acceptance	757
Capaul, Th.	MIREX, ein neues optisches Rauchdichtemeßgerät	765
Kraemer, U.	Ein computergestütztes Verfahren zur Planung für den Einbau von Flammenmeldern	775

Adressen der Autoren  
Addresses of authors  
Adresses des auteurs



L. Bug

Cerberus AG, 8708 Männedorf, Schweiz

Sonderstellung der Sicherheitstechnik aus unternehmerischer  
Sicht

-----

### 1. Einleitung

Der Titel meines Referates unterstellt der Sicherheitstechnik eine Sonderstellung in der Industrie.

Eigentlich sollte das Thema als Frage formuliert sein, denn es ist gerade das Ziel meiner Ausführungen, aufzuzeigen, dass man bei der Sicherheitstechnik von einer Sonderstellung sprechen darf.

Natürlich erhebt sich die Frage, ob nicht jede Industrie für sich in Anspruch nehmen kann, über eine gewisse Sonderstellung zu verfügen.

Da es eine allgemeingültige Definition des Begriffes "Sonderstellung" nicht gibt, entscheiden hier allein die Beurteilungskriterien.

Erlauben Sie mir daher zunächst, einige allgemeine Merkmale zu erläutern, durch die eine Sonderstellung gekennzeichnet sein kann. Anschliessend soll dann die Frage untersucht werden, welche dieser Kriterien für die Sicherheitstechnik zutreffen.

### 2. Kriterien für eine Sonderstellung

Wodurch kann die Sonderstellung einer Industrie gekennzeichnet sein?

Ich möchte in diesem Zusammenhang zwischen rein betriebswirtschaftlichen, d.h. kommerziellen, und produkteorientierten Merkmalen unterscheiden.

Zu den kommerziellen Kriterien zähle ich

- aussergewöhnliche Margen
- überdurchschnittliches Wachstum

- gesetzlich reglementierter, d.h. durch Auflagen gesicherter Markt

Zu den produkteorientierten Kriterien gehören:

- durch starke Patente geschützter Absatz
- spezielles Entwicklungs- und Produktions-Know-how
- spezielles Applikations-Know-how
- Produkte mit Aus- oder Einfuhrbeschränkungen bzw. Genehmigungen
- Produkte, deren Anwendung mit bestimmten Risiken verbunden ist und dem Hersteller eine besondere Verpflichtung auferlegt

Es ist kennzeichnend für die Merkmale der ersten Kategorie, dass sie i.d.R. nur zu einer vorübergehenden Sonderstellung führen.

Demgegenüber ist eine durch die Art des Produktes erarbeitete Sonderstellung meistens von grösserer Konstanz und Langlebigkeit.

### 3. Sonderstellung der Sicherheitstechnik

Welche der aufgeführten Kriterien treffen nun auf die Sicherheitstechnik zu?

Betrachten wir zunächst die rein wirtschaftlichen Aspekte.

Von attraktiven Margen kann in der Sicherheitstechnik schon lange nicht mehr die Rede sein. Dies traf höchstens im Anfang der Brandmeldetechnik zu, als mit technologischen Durchbrüchen wie beispielsweise dem Ionisationsmelder völlig neue Möglichkeiten und Märkte eröffnet wurden.

Auch das Marktwachstum, welches heute in den meisten europäischen Ländern deutlich unter 10% pro Jahr liegt, nimmt sich eher bescheiden aus.

Der Auflagenmarkt, d.h. die Forderung von Brandmelde- und Brandschutz-Einrichtungen durch gesetzliche Vorschriften, existiert nur in einzelnen europäischen Ländern. Hier ist es in der Hauptsache den Versicherern zu verdanken, dass entsprechende Auflagen via Gebäudeversicherung und Feuerpolizei erhoben werden.

Stimmt man mit dieser Beurteilung überein, so muss man zugeben, dass von einer Sonderstellung der Brandmeldetechnik im kommerziellen Bereich kaum mehr gesprochen werden kann.

Wenden wir uns nun den produktorientierten Merkmalen zu.

Was den Patentschutz anbetrifft, so sind die meisten Basispatente, welche in der Vergangenheit vorübergehend zu einer gewissen Vormachtstellung auf dem Gebiet der Frühwarnung verhalfen, zum grössten Teil abgelaufen. Dieser Markt ist heute kaum mehr durch starke Patente zu monopolisieren.

Das Kriterium des speziellen Entwicklungs- und Produktions-Know-how ist mit Einschränkungen erfüllt. Die Systemtechnik entwickelt sich mehr und mehr in Richtung Datenverarbeitung, d.h. die Produktionstechnologien entsprechen weitgehend denjenigen der Computerindustrie.

Auf der Melderseite jedoch besteht in bezug auf die Sensorik nach wie vor ein spezielles Entwicklungs- und Fertigungs-Know-how. Hier werden neue Prozesse entwickelt und angewandt, die nur teilweise beschreibbar sind und langjährige Erfahrung auf diesem Sektor voraussetzen.

Dieses Spezialwissen kann zu einer Überlegenheit gegenüber der Konkurrenz führen, da solche Sensoren auf dem Markt nicht käuflich sind. Dies gilt z.B. für die Messkammer eines Ionisationsmelders oder für die Optik eines Streulichtrauchmelders.

Eine solche Sonderstellung besitzt aber nicht nur Vorteile. So ist z.B. eine Verlagerung der Fertigung in sogenannte Billigländer nur schwer möglich.

Wenn das betreffende Unternehmen in einem Land mit hohem Lohnniveau beheimatet ist und die Verkaufspreise durch die Konkurrenz bestimmt werden, gerät die Marge ins Wanken.

Auch in der Applikation, d.h. im Anlagenbau, darf mit Recht von einem speziellen Know-how gesprochen werden. Die Planung und Projektierung von Brandmeldeanlagen ist eine Technik, die nur in einfachen Fällen standardisiert werden kann. Hier kommt es entscheidend auf die Erfahrung der Ersichterfirma an. Es geht ja darum, Schutzkonzepte zu realisieren, die in einer Situation wirksam werden sollen, in der sich der Kunde vorher noch nie befand.

Die automatische Brandmeldung ist eine Mischung aus angewandter Physik, Elektronik, Elektrotechnik und Bautechnik. Insbesondere sind es die äusserst komplexen Gesetze der Rauch-Ausbreitung und -Verteilung, welche eine grosse Erfahrung in der Projektierung voraussetzen. Die optimale Platzierung der Melder ist kaum zu berechnen. Dieses Wissen ist nicht aus Büchern oder an Hochschulen erlernbar, sondern muss langsam aus der Erfahrung wachsen und weitergegeben werden. Im Anlagenbau, nimmt die automatische Brandmeldung somit sicher eine Sonderstellung ein.

Das Kriterium der Aus- oder Einfuhrbeschränkung ist nicht erfüllt. Der Hersteller von Gefahrenmeldesystemen kann seine Produkte in allen Ländern vertreiben, vorausgesetzt, dass er die nötigen nationalen Vorschriften erfüllt. Auf die hierdurch teilweise errichteten Schranken möchte ich an dieser Stelle nicht eingehen.

Das in meiner Aufzählung zuletzt genannte Kriterium bedarf noch einer Erläuterung.

Unter "besonderer Verpflichtung" sei in diesem Zusammenhang die moralische Verantwortung verstanden, der sich ein Hersteller in bezug auf die Anwendung seiner Produkte nicht entziehen kann.

Dies gilt sowohl für Hersteller von Produkten, deren Anwendung direkt oder indirekt mit Gefahren verbunden ist, als auch für Hersteller von Geräten, deren Verwendung dazu dient, Gefahren zu erkennen und zu vermeiden.

Diese Industrien nehmen deshalb eine Sonderstellung ein, weil sie sich mit dem Problem "Gefahr" in besonderer Weise - wenn auch aus unterschiedlichen Gründen - auseinandersetzen müssen.

Dies gilt sicher für die chemische und insbesondere für die pharmazeutische Industrie, welche Produkte herstellt, die bei richtiger Dosierung eine Hilfe für die Menschheit und bei Fehlanwendung u.U. den Tod bedeuten können.

Ferner ist die Kernenergietechnik zu erwähnen, die, ausser Kontrolle geraten, Katastrophen auslösen kann.

Im Vergleich zu diesen Industrien verhält sich die Sicherheitstechnik gewissermassen komplementär. Denn überall dort, wo Gefahren lauern, müssen Konzepte erarbeitet werden, die es ermöglichen, eine Bedrohung rechtzeitig zu erkennen und geeignete Gegenmassnahmen einzuleiten.



Diese Konzepte setzen jedoch geeignete Mittel voraus, und es ist die Aufgabe der Hersteller von Gefahrenmeldesystemen, diese Mittel zur Verfügung zu stellen.

"Gefahr" und "Verantwortung" sind jedoch eng miteinander verknüpfte Begriffe. Ein Unternehmer, der Waren herstellt, die eine Gefahr für Mensch oder Natur darstellen können, muss sich der damit verbundenen besonderen Verantwortung stets bewusst sein. Er kann sich ihr höchstens rechtlich, nie aber moralisch entziehen.

Aehnliches gilt für den Errichter von Gefahrenmeldeanlagen. Er muss sich stets der Konsequenzen bewusst sein, die ein Versagen der von ihm installierten Systeme nach sich ziehen kann.

Ich glaube, es ist der besondere Stellenwert der Verantwortung dem Anwender gegenüber, der solchen Industriezweigen einen Sonderstatus verleiht.

Das normale gewinnorientierte Denken des Unternehmers erhält hierdurch eine ethische Komponente, die dem Streben nach maximalem Gewinn Grenzen setzt.

Mit dem Verkauf einer Gefahrenmeldeanlage soll ein Schutzbedürfnis befriedigt werden. Der Käufer überlässt gewisse Überwachungsfunktionen einem System und verlässt sich voll auf dessen Wirksamkeit im Ernstfall.

Der Ausfall eines Sicherheitssystems ohne entsprechende Meldung stellt sogar ein erhöhtes Gefahrenrisiko dar, da man einem Schutz vertraut, der nicht mehr existiert.

#### 4. Konsequenzen für den Unternehmer

Meine bisherigen Ausführungen sollten aufzeigen, dass die Sicherheitstechnik Merkmale aufweist, die durchaus dazu berechtigen, von einer Sonderstellung im Vergleich zu anderen Industrien zu sprechen. Es handelt sich jedoch m.E. um eine Sonderstellung, die durch die Art der Produkte und deren Anwendung gegeben ist und nicht durch eine besondere Marktstruktur.

Welche Schlüsse kann man hieraus ziehen?

Für einen Unternehmer, den lediglich maximale Gewinne interessieren, ist diese Branche zu wenig attraktiv. Wer auf dem Gebiet der Sicherheitstechnik erfolgreich sein will, muss die Besonderheiten dieser Branche in seine langfristigen Überlegungen einbeziehen und sie

in strategische Erfolgspositionen umsetzen. Von einer soll hier die Rede sein.

Aus der Verantwortung dem Kunden gegenüber ergibt sich allgemein das Streben nach hoher Qualität und Zuverlässigkeit der hergestellten Produkte und der damit verbundenen Dienstleistungen. Dies gilt in besonderem Masse für Gefahrenmeldesysteme.

Natürlich behauptet jeder, Produkte hoher Qualität herzustellen. Jedoch sind wir heute in der Lage, solche Behauptungen nachprüfen zu können.

Mit grossem Aufwand wurde in den vergangenen Jahren in der "International Standard Organization" ISO ein Modell für die Qualitätssicherung in Entwicklung, Produktion und Applikation erarbeitet und in Europa als Norm EN 29000 angenommen.

Im Rahmen der für 1992 geplanten Realisierung des europäischen Binnenmarktes kommt dem Nachweis qualitätssichernder Massnahmen, insbesondere in bezug auf die neue Gesetzgebung für Produkte-Haftpflicht, eine erhöhte Bedeutung zu.

Das Hauptanliegen der erwähnten Norm ist die Verankerung des Qualitätsdenkens auf allen unternehmerischen Ebenen. Durch Anwendung eines geeigneten Qualitätssicherungssystems sollen die nötigen Mittel mit dem Ziel bereitgestellt werden,

- Qualitätsprobleme schnell zu erkennen
- Massnahmen zu ihrer Lösung zu ergreifen und
- für die Durchsetzung dieser Massnahmen zu sorgen.

Auf freiwilliger Basis kann eine Firma eine entsprechende Prüfung beantragen und sich die Übereinstimmung mit der Norm EN 29000 durch eine anerkannte Zertifizierungsstelle für Qualitätssicherung bescheinigen lassen.

Solche Stellen sind z.B. in der BRD die DQS und in der Schweiz die SGS.

Bis heute sind in der Schweiz bereits mehr als 100 SGS-Zertifikate erteilt worden, und der Trend geht dahin, dass Firmen auf dem Gebiet der Sicherheitstechnik in Zukunft praktisch über eine solche Anerkennung verfügen müssen.

Hiermit wird "Qualität" zu einer strategischen Erfolgsposition. Es geht um vertrauensbildende Massnahmen, d.h. um die Stärkung der Glaubwürdigkeit eines Unternehmens.

Es gibt kaum eine andere Branche, die den Begriff "Qualität" so sehr vermarktet wie die Sicherheitstechnik. Qualität geht über Preis. Ich habe noch kein Inserat für ein Produkt der Brandmeldeindustrie gesehen, in dem ein niedriger Preis als Verkaufsargument angeführt wurde. Höchstens liest man einen Hinweis auf ein optimales Preis/Leistungsverhältnis.

Aus der Sonderstellung der Sicherheitstechnik ergeben sich aber noch andere Konsequenzen, die ein Unternehmer klar erkennen muss, da sie mit hohen Investitionen verbunden sind.

Zunächst seien die besonderen Aufwendungen für Forschung und Entwicklung erwähnt.

Will ein Unternehmer die Vorteile nutzen, die allein aus dem speziellen Know-how auf dem Gebiet der Brandsensorik ergeben, so muss er eigene Forschung betreiben.

Es kann nur bedingt auf externe Forschungsinstitute zurückgegriffen werden.

Die sich hieraus ergebenden Investitionen sind nur zu rechtfertigen, wenn man entschlossen ist, langfristig und zukunftsorientiert in diesem Sektor tätig zu sein. Wer an kurzfristigem ROI interessiert ist, lässt besser die Finger von diesem Geschäft.

Eine weitere Konsequenz ergibt sich aus der Sonderstellung im Anlagenbau.

Das Umfeld, in dem sich der Errichter von Gefahrenmeldeanlagen bewegt, erweitert sich mehr und mehr in Richtung Gebäudeautomation.

Insbesondere in der Systemtechnik verschmelzen die beiden Gebiete in zunehmendem Masse. Man redet heute allorten von Integration und zwar hauptsächlich deshalb, weil sie technisch machbar ist. Aber ist das technisch Machbare im Interesse des Kunden immer verwirklichtbar?

Auch die Beantwortung dieser Frage gehört in das Kapitel Verantwortungsbewusstsein. Die Integration darf nicht zum Selbstzweck werden. Sie kann im Einzelfall die beste Lösung darstellen, kann aber auch ein Sicherheitsrisiko bedeuten. Den Ausschlag gibt hier das Spezialwissen des Anlagenbauers. Dieses muss jedoch ständig erweitert werden.

Auf diesem Gebiet kann heute nur bestehen, wer bereit ist, Beträchtliches in die Ausbildung zu investieren. Die heutigen Brandmeldesysteme erfordern eine permanente Weiterbildung in Richtung neue Technologien,

wobei auch an Wartung und Revision immer höhere Anforderungen gestellt werden.

Schliesslich möchte ich noch auf eine Konfliktsituation hinweisen, die sich speziell aus der Sonderstellung der Sicherheitstechnik ergibt.

Wir leben in einer Zeit hoher Innovationsgeschwindigkeit, was bedeutet, dass die Marktlebensdauer der Produkte immer kürzer wird. Vor 20 Jahren drängte sich ein Generationenwechsel erst nach 10 Jahren auf. Heute leben die Systeme höchstens noch 5 Jahre. Verantwortlich hierfür ist in erster Linie der "Technology-push", d.h. die Auslösung von Produkteinnovationen durch neue Technologien.

Auf der anderen Seite dürfen Gefahrenmeldesysteme nur nach gründlicher Felderprobung, die sich über mindestens ein Jahr erstrecken sollte, eingesetzt werden. Man muss konsequent der Versuchung widerstehen, dem "Demand-pull" zu früh nachzugeben.

Hierdurch besteht jedoch die Gefahr, mit einem System auf den Markt zu kommen, das schon viel an innovativem Charakter verloren hat. Die Durchlaufzeiten von Entwicklungsprojekten sind daher heute von entscheidender Bedeutung.

#### 4. Schlussbemerkungen

Ich komme zum Schluss meiner Ausführungen.

Die Sicherheitstechnik nimmt eine gewisse Sonderstellung in der Industrie ein, die in erster Linie durch die Natur der Produkte und ihren Einsatz gegeben ist.

Aus dieser Sonderstellung leiten sich unterschiedliche Konsequenzen für den Unternehmer ab.

Hierzu gehören überdurchschnittliche Investitionen in Forschung, Entwicklung und Ausbildung sowie die Pflege eines speziellen Know-how.

Erwähnt habe ich auch die Bedeutung der Produktequalität im Sinne einer strategischen Erfolgsposition.

Das wesentlichste Element, worin sich die Sicherheitstechnik von anderen Industrien unterscheidet, sehe ich jedoch darin, dass in das normale gewinnorientierte Denken des Unternehmers Überlegungen einfließen, welche seine Stellung in der Gesellschaft tangieren.

Die ethische Komponente, die durch die Beschäftigung mit dieser Materie angesprochen wird, formt in ausgeprägtem Masse die Kultur solcher Unternehmen.

Auf allen Führungsebenen ist man sich der Verantwortung bewusst, die mit dem Verkauf von Gefahrenmeldesystemen übernommen wird.

Die Sicherheitstechnik hat den Auftrag, die am besten geeigneten technischen Mittel zum Schutze von Menschenleben und Sachwerten zur Verfügung zu stellen, damit eine Gefahr schnell erkannt und der Schaden möglichst gering gehalten werden kann.

Der Unternehmer muss mit dem ständigen Konflikt zwischen "Return on Investment" und Befriedigung des Kundenbedürfnisses im Sinnes dieses Auftrags leben.

Hierdurch werden zwangsläufig Prioritäten gesetzt, die reinen betriebswirtschaftlichen Betrachtungen gewisse Grenzen setzen.



Fritz Kunz  
EURALARM, CH-8708 Männedorf/Schweiz

Automatische Brandmeldeanlagen - ihre Wirksamkeit;  
Falschalarme und Massnahmen zu ihrer Reduzierung

---

### **Einleitung**

EURALARM ist die Vereinigung Europäischer Hersteller von Alarmanlagen zum Schutze gegen Brand, Einbruch und Ueberfall. Sie zählt zur Zeit 13 nationale Vereinigungen mit insgesamt über 290 Mitgliederfirmen (Brand und Einbruch).

EURALARM verfolgt unter anderem folgende Ziele:

Verbesserung der Wirksamkeit der Gefahrenmeldetechnik (Brand- und Einbruchalarmanlagen) von der Auslegung bis zur Instandhaltung mit dem Hauptziel, Falschalarme zu reduzieren:

- Verbesserung der Projektierung
- Schulung und Motivierung der Anlagenbesitzer
- Förderung des Alarmorganisations-Konzeptes
- Richtige Instandhaltung der Anlagen durch qualifiziertes Personal

Vertretung der Branche auf europäischer Ebene:

- Teilnahme an den Arbeiten europäischer Stellen wie der Europäischen Gemeinschaft, des Comité Européen des Assureurs, des Comité Européen de Normalisation, der Feuerwehrorganisationen usw.

In Anlehnung an diese Zielsetzungen sind die folgenden drei Studien verfasst worden:

1. Untersuchung der Wirksamkeit von Brandmeldeanlagen
2. Untersuchung von Falschalarmen aus Brandmeldeanlagen
3. Massnahmen zur Reduzierung von Falschalarmen aus Brandmeldeanlagen

### Einzelheiten

Der Vortrag behandelt in knapper Form alle drei Studien. Interessenten können weitergehende Informationen beim EURALARM-Sekretariat beziehen (siehe Bezugsquelle am Schluss).

#### 1. Studie:

##### Untersuchung der Wirksamkeit von Brandmeldeanlagen

In dieser Studie wurden bestehende Informationen aus der Literatur, Statistiken und Umfragen verglichen und ausgewertet. Die Untersuchung zeigte, dass es verhältnismässig wenig Zahlenmaterial über die Wirksamkeit von Brandmeldeanlagen gibt. Zudem sind in den meisten Statistiken Kleinbrände, die durch automatische Brandmeldeanlagen detektiert und durch Personal vor Ort gelöscht wurden, nicht enthalten.

#### **Ergebnis der Untersuchung**

Schadenminderung in % durch automatische Brandmeldeanlagen		
Dr. G. Ramachandran (UK) Textilindustrie 1978	816 Brände	1) 63% ██████████ 2) 72% ██████████
Dr. Ramachandran (UK) Holz- und Möbelindustrie 1983	158 Brände	1) 47% ██████████ 2) 53% ██████████
Mr. R. Rutstein (UK) Industrie	4000 Brände	1) 63% ██████████ 2) 67% ██████████
F. Dätwyler/W. Peissard (CH)	1424 Brände	2) 86% ██████████
Industrie	141 Brände	2) 94% ██████████
Spitäler / Hotels	111 Brände	2) 94% ██████████
Warenhäuser	54 Brände	2) 93% ██████████
Schulen / Labors		

- 1) Brandmeldeanlagen ohne Fernalarmierung
- 2) Brandmeldeanlagen mit Fernalarmierung zur Feuerwehr



Kommentar:

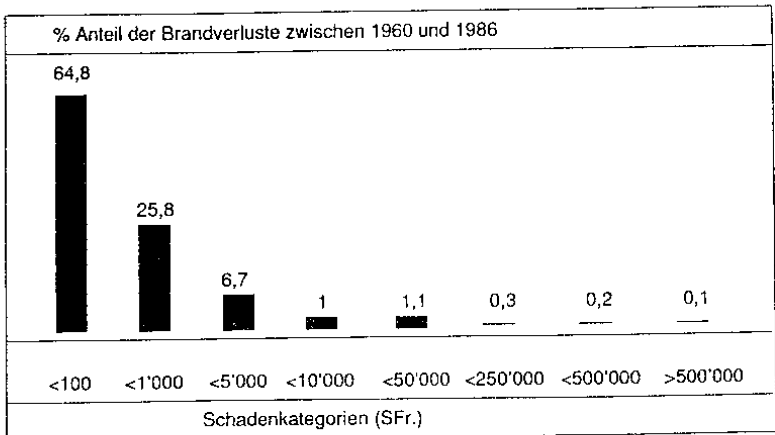
- Brandmeldeanlagen bewirken eine Schadenminderung von 47% bis 63%. Werden Kleinbrände, die durch automatische Brandmeldeanlagen detektiert und durch betriebseigenes Personal vor Ort gelöscht wurden, miterfasst, beträgt die Schadenminderung bis zu 86%.
- Die automatische Fernalarmierung der Feuerwehr bewirkt eine weitere Schadenminderung von 4% bis 9%.

Die Studie enthält eine weitere Statistik aus der Schweiz, wo die Firma Cerberus seit 1960 Brandmeldungen aus installierten Anlagen erfasst. Die Statistik enthält sowohl kleine wie auch grosse Brände mit und ohne Fernalarmierung zur Feuerwehr.

Die Auswertung erfasst den Zeitraum von 1960 bis 1986 mit:

- ca. 12'000 Brandmeldeanlagen
- ca. 1 Million automatischer Brandmelder, überwiegend Rauchmelder
- ca. 8'000 Brandmeldungen aus diesen 12'000 Anlagen

Die Auswertung sämtlicher Brände nach ihrer Schadengrösse zeigt folgendes Bild:



Kommentar:

- Ca. 90% der Brände wurden durch das Personal des Anlagenbesitzers selbst gelöscht
- In 90% aller Fälle war der Brandschaden kleiner als 1'000 SFr. oder ca. 1140 DM
- In 97,5% aller Fälle war der Brandschaden kleiner als 10'000 SFr. oder ca. 11'400 DM
  
- Diese Zahlen belegen die stark schadenmindernde Wirkung von Brandmeldeanlagen mit überwiegend automatischen Rauchmeldern.
  
- Eine Kosten/Nutzenbetrachtung zeigt, dass die 12'000 Brandmeldeanlagen bei einem Durchschnittswert von ca. 45'000 DM (Basis 1987) pro Anlage eine Investition von ca. 540 Millionen DM darstellen. Demgegenüber stehen 8000 Brandmeldungen mit einem durchschnittlich verhinderten Schaden von ca. 91'000 DM (von den Anlagenbesitzern geschätzter Wert), d.h. eine Schadenreduktion von ca. 728 Millionen DM. Daraus resultiert ein volkswirtschaftlicher Gewinn von ca. 188 Millionen DM.
  
- Was meiner Meinung nach jedoch viel entscheidender ist und mit Geld nicht aufgewogen werden kann, sind all die verhinderten Verluste von Menschenleben. Von den 8000 Brandmeldungen, die während 27 Jahren erfasst wurden, ist nur ein einziger Brand registriert worden, wo Menschenleben zu beklagen waren (Hotel International Zürich).

## 2. Studie:

### Untersuchung von Falschalarmen aus Brandmeldeanlagen

Dies ist eine EURALARM-interne Studie, die jedoch noch nicht hinreichend repräsentativ ist. Auch bei dieser Studie wollten wir bestehende Informationen und statistisches Material über Falschalarme vergleichen, auswerten und übersichtlich präsentieren. Wie sich bald zeigte, ein recht schwieriges Unterfangen, denn die Untersuchung von Falschalarmen stösst auf eine Reihe von Schwierigkeiten:

- Erstens gibt es von Land zu Land und Firma zu Firma Unterschiede bezüglich:
  - Produkte
  - Kompatibilität der Geräte
  - Instandhaltungsvorschriften
  - Alarmorganisation
  - Anwendungsrichtlinien (Projektierung, Montage, Inbetriebsetzung, Prüfung)
  - Alarmübertragung
  - Umgebungseinflüsse
  
- Zweitens gibt es noch grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern bezüglich Anschlussmöglichkeiten von Brandmeldeanlagen an die Feuerwehr oder eine andere hilfeleistende Stelle, die eine Falschalarmstatistik führen könnte.
  
- Drittens wegen der vorhandenen Statistiken selber, weil:
  - nur wenig Informationen aus den verschiedenen Ländern vorhanden sind
  - die vorhandenen Informationen von schlechter Qualität sind
  - das Zahlenmaterial nicht miteinander vergleichbar ist
  - es keine einheitliche Definition und Einteilung der Alarmursachen gibt

Wir erhielten statistisches Material über Falschalarme von den nationalen EURALARM-Vereinigungen aus Grossbritannien, Schweden und der Schweiz. Leider enthalten die 3 Statistiken unterschiedliche Festlegungen des Begriffes "Falschalarm" und erlauben deshalb keinen unmittelbaren Vergleich untereinander.

Eine Voraussetzung zum Erfassen und Analysieren der verschiedenen Alarmursachen sind einheitliche Begriffe und eine einheitliche Erfassungsstruktur. Wir haben deshalb unseren EURALARM-Mitgliedern folgende Struktur vorgeschlagen:

#### 1. Definitionen und die Aufgliederung der Alarmursachen

##### Brandmeldung bzw. Alarm

Jedes einen "Brand" anzeigende Signal aus einem überwachten Objekt, das an eine Brandmeldezentrale, eine Feuerwehr oder an eine Hilfe einzuleitende Stelle übertragen wird.

##### Echter Brandalarm

Alarmauslösung infolge eines Brandes oder eines Ereignisses, welches in Kürze zu einem Brand führt.

##### Falschalarm

Alarmauslösung infolge eines Ereignisses ohne Brandursache.

##### **Unbeabsichtigte Meldungsauslösung**

Meldung der Brandmeldeanlage bedingt durch:

- Detektion von ähnlichen Ereignissen, wie sie bei einem Brand auftreten, z.B. Autoabgase, Dampfentwicklung etc.
- gutgläubige Betätigung der Anlage durch eine Person, die einen Brand vermutet

### **Mutwillige Meldungsauslösung**

Mutwillige Betätigung der automatischen Brandmeldeanlage durch eine Person, im Wissen, dass keine Brandgefahr besteht.

### **Fehlfunktion**

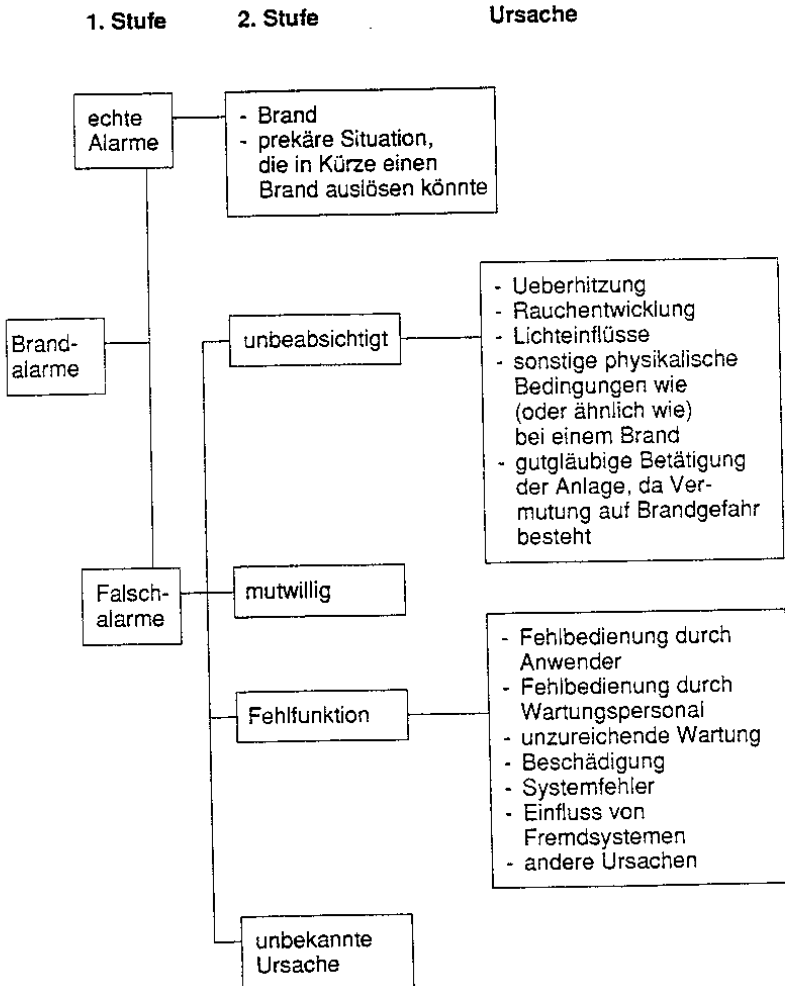
Meldung der automatischen Brandmeldeanlage bedingt durch:

- technischen Defekt durch ein fehlerhaftes oder nicht korrekt funktionierende Anlagenteil, einschliesslich Verschlechterung durch Umwelteinflüsse
- unkorrektes Funktionieren eines Anlagenteils auf physikalische Bedingungen infolge Ueberbeanspruchung, d.h. Bauweise entspricht nicht den Anforderungen
- Fehlbedienung der Anlage durch Betreiber
- Fehlbedienung der Anlage durch Instandhaltungspersonal während der Durchführung von Arbeiten oder Prüfungen, ohne vorher die Feuerwehr zu benachrichtigen.
- Sonstige Gründe aus anderen Brandschutzeinrichtungen, z.B. Schwankungen im Wasserdruck einer Sprinkleranlage, die über die Brandmeldeanlage an die Feuerwehr angeschlossen ist
- Fehler oder Störung im Fernmeldesystem zwischen dem überwachten Gebäude und der Alarm-Empfangsstation
- ungeeigneter Brandmelder
- Anlage bzw. Installation entspricht nicht den landesspezifischen Vorschriften

### **Unbekannte Ursachen**

Brandmeldung, deren Ursache nicht einwandfrei feststellbar ist

## 2. Klassierung



Hier nun eine Falschalarmstatistik aus Schweden aus dem Jahre 1986 mit 57 beteiligten Feuerwehren, die bereits dem EURALARM-Vorschlag entspricht. Ausgewertet wurden total 9152 Falschalarme aus 4898 angeschlossenen Systemen.

#### Ursachen der Falschalarm-Auslösung

<u>Unbeabsichtigt</u>	Summe: 42,4%
Dampf	5,5%
Ueberhitzung	3,2%
Schweissen	12,3%
Auspuffgase	4,3%
Rauchen	4,0%
Andere Ursachen von Rauchentwicklung	12,7%
<u>Mutwillig</u>	Summe: 7,9%
<u>Fehlfunktion</u>	Summe: 41,7%
Fehlbedienung durch Anwender	4,6%
Fehlbedienung durch Wartungspersonal	0,4%
Staub im Melder	2,7%
Beschädigter Melder	3,6%
Schäden an Verdrahtung	1,4%
Systemfehler	26,1%
Andere Ursachen	2,7%
Blitzschlag	0,2%
<u>Ursache unbekannt</u>	Summe: 8%

#### Kommentar:

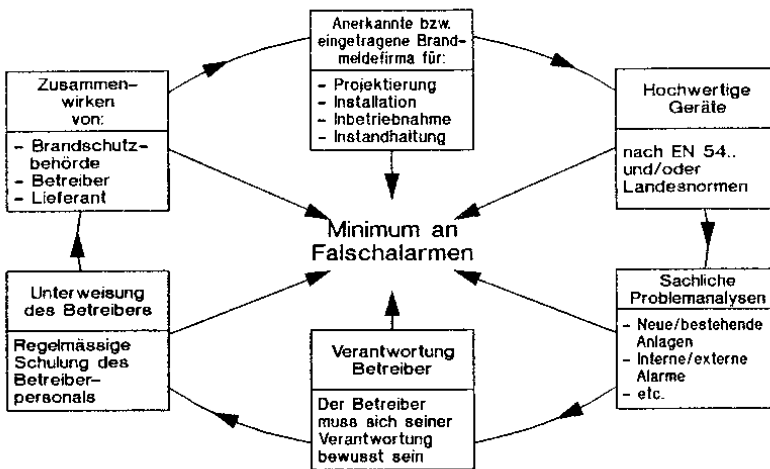
- Falschalarme sind ein grosses Problem. Erst die genaue Kenntnis der Alarmursache schafft die Voraussetzung für geeignete Gegenmassnahmen. Wegen den eingangs geschilderten Schwierigkeiten haben wir uns in dieser Studie vorerst auf die Vereinheitlichung der Begriffe und der Erfassungsstruktur konzentriert. Damit haben wir, wie das Beispiel aus Schweden zeigt, die Voraussetzung für vergleichbare und aussagekräftige Statistiken geschaffen.

### 3. Studie:

#### Massnahmen zur Reduzierung von Falschalarmen aus Brandmeldeanlagen

Damit Brandmeldeanlagen mit einem Minimum an Falschalarmen betrieben werden können, müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein.

Das folgende Bild zeigt einige wesentliche Zusammenhänge.



Die 3. EURALARM-Studie enthält mehr als 60 verschiedene konkrete Vorschläge über Massnahmen zur Reduzierung von Falschalarmen.

Diese Massnahmen beziehen sich auf die Projektierung, Installation, Inbetriebnahme und Uebergabe an den Betreiber, die Instandhaltung und die Fernalarmierung. Sie sind aber auch für bestehende Anlagen anwendbar.



Die folgende Titelübersicht aus dem Kapitel 4.1 zeigt, wie breitfächerig das Problem der Falschalarmverhütung angegangen wird.

Beispiel:

#### 4.1 Vorschläge hinsichtlich der Projektierung

1	2	3	4	5
Projek- tierung	Install- ation	Inbetrieb- nahme, Uebergabe	Betrieb	Fernalarm
Engineering				
4.1.1. Planung				
4.1.2 Elektromagnetische Störeinflüsse				
Angebot				
4.1.3 Instandhaltung				
4.1.4 Anlagenprüfung				
4.1.5 Mietanlagen				
Qualitätssicherung				
4.1.6 Anlagenbestandteile				
4.1.7 Zubehörteile				
4.1.8 Anzusteuernde Brandschutzeinrichtungen				
4.1.9 Kompatibilität				
4.1.10 Qualitätssicherung des Herstellers				
Technische Merkmale				
4.1.11 Rauchmelder mit Zeitintegration				
4.1.12 Brandmelder mit Ruhewertnachführung				
4.1.13 Adressierbare Meldersysteme				
4.1.14 Analoge adressierbare Detektoren				
Techn. Merkmale der Brandmelde-Zentralen				
4.1.15 Signalimpulsspeicherung				
4.1.16 Einheitliches Feuerwehr-Bedienungs- und Anzeigefeld				
4.1.17 Betriebsanleitung				
4.1.18 Zweigruppenabhängigkeit				
4.1.19 Bedienungsberechtigungsstufen				
usw.				

Beispiel einer Empfehlung zum Engineering:

#### **4.1.2 Elektromagnetische Störeinflüsse**

Die Beeinflussung der Brandmeldeanlage (Geräte, Leitungsnetz und Übertragungssystem) durch elektromagnetische Störungen und Überspannung ist zu berücksichtigen. Entsprechende Störschutzvorrichtungen wie Blitzschutzeinrichtung, Netzfilter, Überspannungsableiter, Melderfilter, Linienfilter usw. sind vorzusehen.

oder

Beispiel einiger technischer Merkmale automatischer Brandmelder:

##### **4.1.11 Rauchmelder mit Signalintegration**

Kurzzeitige Störgrößen, z.B. von Rauchern, werden im Melder eine bestimmte Zeitlang unterdrückt.

##### **4.1.12 Brandmelder mit automatischer Ruhewertnachführung**

Diese Melder kompensieren automatisch Änderungen in den Umgebungseinflüssen, z.B. der Temperatur, dem Luftdruck, und vor allem dem Verunreinigungsgrad des Melders, d.h. der Nutz-/Störabstand bleibt immer konstant.

oder

Beispiel einiger technischer Merkmale der Brandmeldezentralen bzw. Anlagen:

##### **4.1.15 Signalimpulsspeicherung (Alarmbestätigung)**

Ein Alarm wird von der Brandmeldezentrale nur dann bestätigt, wenn das Alarmsignal zweimal oder öfter innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums aktiviert wird (erfolgsversprechend bei kurzfristigen Störgrößen, z.B. elektromagnetische Beeinflussung).

#### **4.1.16 Einheitliches Feuerwehr-Bedienungs- und Anzeigefeld (FBA)**

Ein genormtes FBA für die Feuerwehr reduziert Falschalarme, die durch Bedienungsfehler des Betreibers und der Feuerwehr verursacht wurden.

#### **4.1.18 Zweigruppenabhängigkeit**

Ein Alarm wird nur dann an die Feuerwehr weitergeleitet bzw. aktiviert automatisch Löschanlagen, wenn mindestens zwei Brandmelder im gleichen Bereich angesprochen haben. Verwendet werden verschiedene Signalkombinationen, wie z.B.

- a) 1. Meldung:                   interner Alarm  
   1. und 2. Meldung:         Alarmdurchschaltung
  
- b) 1. Meldung:                 kein Alarm  
   keine zweite Meldung  
   innerhalb eines fest-  
   gelegten Zeitraums:         System stellt sich automatisch zurück
  
- c) 1. Meldung:                 kein Alarm  
   2. Meldung innerhalb eines  
   festgelegten Zeitraums:     interner Alarm und Durchschaltung zur  
   Feuerwehr

usw.

Für alle wichtigen Gesichtspunkte einer Brandmeldeanlage werden auf diese Art und Weise Vorschläge und technische Möglichkeiten zur Vermeidung von Falschalarmen unterbreitet.

Kommentar:

- Ich bin überzeugt, dass bei der Beachtung der von EURALARM empfohlenen Verhütungsmassnahmen die Anzahl der Falschalarme stark reduziert werden kann.

Der beste Beweis ist eine Analyse der Falschalarme von der Feuerwehr der Stadt Genf aus dem Jahre 1987, die folgendes Bild zeigt:

Von 734 bei der Feuerwehr aufgeschalteten Brandmeldeanlagen (BMA) verursachten:

- 416 BMA 0 Falschalarme
- 135 BMA 1 Falschalarm
- 117 BMA 2 oder 3 Falschalarme
- 66 BMA mehr als 3 Falschalarme

Die Auswertung zeigt, dass es oft eine geringe Anzahl sogenannter Problemanlagen sind, die unverhältnismässig viele Falschalarme verursachen. Hier gilt es durchzugreifen und alle Möglichkeiten zur Falschalarmverhütung auszuschöpfen.

Die 75% der angeschlossenen Brandmeldeanlagen, die keinen oder höchstens einen Falschalarm pro Jahr bei der Feuerwehr verursacht haben, zeigen, dass es auch anders geht.

---

Bezugsquellen

- für Studie 1:  
Untersuchung der Wirksamkeit von Brandmeldeanlagen
- für Studie 3:  
Massnahmen zur Reduzierung von Falschalarmen aus Brandmeldeanlagen

EURALARM Sekretariat F:

Mme M. Tusch, c/o Cerberus-Guinard, B.P.20, F-78530 Buc,  
Tel. (0033) 13/9 56 80 34, Fax (33) 139 564 208

Bruno Fischer

Hekatron GmbH, . 7811 Sulzburg, Fed. Rep. of Germany

### Ursachen unerwünschter Alarme und ihre Vermeidung

Der Nutzen von Brandmeldeanlagen ist schon oft unter Beweis gestellt worden. Warum haben sie bei Betreibern und Feuerwehren dennoch einen schlechten Ruf?

Weil sie zu viele Falschalarme produzieren, lautet die am häufigsten gegebene Antwort.

Wer so einfach antwortet, macht es sich zu leicht, denn die Falschalarme haben sehr unterschiedliche Gründe.

Mit diesem Referat möchte ich versuchen, eine genauere Antwort zu geben und Wege aufzuzeigen, auf denen man zu einer Verringerung solcher Falschmeldungen kommt. Dabei werde ich nicht auf die Technik der Melder und Zentralen eingehen, sondern Ihnen Fehler aufzeigen, die bei der Planung, bei der Montage und beim Betrieb der Anlagen gemacht werden.

Bei uns in der Bundesrepublik werden viele Brandmeldeanlagen nur aufgrund von behördlichen Auflagen oder aufgrund von Risikoanalysen der Versicherungsgesellschaften eingebaut. Diejenigen Betreiber, welche eine Anlage auf freiwilliger Basis einbauen, stellen eine Minderheit dar. In den meisten Fällen werden dann auch nur die billigsten Anlagen eingesetzt. Billig ist hier nicht gleichzusetzen mit minderer Qualität der Geräte. Die Mindestanforderungen erfüllen alle Anlagenteile. Mit billig ist hier das Fehlen der Dienstleistung gemeint, was sich in oberflächlicher Planung, schlechter Installation und fehlender Einweisung des Betreibers niederschlägt.

Das sind Dienstleistungen, die nur durch Fachleute erbracht werden können und Geld kosten. Spart man diese Leistungen, bleibt die Anlage billig.

Brandmeldeanlagen werden häufig im Rahmen der Elektroplanung mitgeplant; sie werden genauso oft im Rahmen der allgemeinen Elektroinstallation montiert, und sie werden in genauso vielen Fällen vom Betreiber nicht als das angenommen, was sie sind, nämlich Anlagen zum Schutz von Menschenleben und Sachwerten.

Eine Brandmeldeanlage muß in einem Umfeld arbeiten, wo der unwissende oder oftmals auch nur der bequeme Mensch für sehr komplexe Bedingungen sorgt.

Ich möchte die positiven Ansätze von intelligenten Systemen nicht in Abrede stellen, aber jeder Praktiker weiß, daß es bis zum täuschungssicheren Brandmeldesystem noch ein weiter Weg ist.

Der Grundstein für eine sicher arbeitende Anlage wird bei der Planung gelegt. Hier sind eine Reihe von Einflüssen zu berücksichtigen und nur durch die konsequente Ausnutzung aller Informationsquellen kann sie richtige erfolgen. Bild 1 zeigt vereinfacht die Informationsquellen.

Der Planer braucht Informationen über die grundsätzliche Aufgabenstellung der Brandmeldeanlage.

Mit welcher Brandentwicklung ist zu rechnen?

Können im Brandfall zu erwartende Brandkenngrößen auch betriebsbedingt auftreten?

Können Bedingungen auftreten, die den Melder in Fehlalarm bringen, oder eine Alarmmeldung verhindern?

Um diese Informationen gezielt zu erfragen, braucht man Kenntnisse über die Funktion und das Ansprechenverhalten der einzelnen Brandmelder. Dieses Wissen ist in vielen Fällen nicht vorhanden. Das beweist die Praxis, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Ein Wärmedifferentialmelder ist unmittelbar neben der Auslassöffnung eines Heißluftgebläses montiert. Die Brandmeldeanlage wird in Betrieb genommen und läuft eine gewisse Zeit problemlos. Bei der ersten Heizperiode löst der Melder verständlicherweise aus.

Ein Rauchmelder wird an der Decke einer Produktionshalle montiert. Der beim Betreiben einer Produktionsanlage auftretende Dampf bringt den Melder in Alarm. Ein Infrarotflammenmelder wird in einem Kompressorraum montiert. Das heiße Auspuffrohr eines Verbrennungsmotors wird in Vibration versetzt, der Melder spricht an.

In einer einseitig offenen Halle werden Ultraviolett-Flammenmelder so montiert, daß sie direkte Sichtverbindung auf die Fahrleitungsdrähte einer Eisenbahnanlage haben. Bei den unregelmäßig auftretenden Lichtbögen zwischen Stromabnehmer und Fahrdrabt wird der Melder in Alarm versetzt.

Für den Betreiber der Anlage und für die Feuerwehr sind alle diese Meldungen Fehlalarme.

Wer ist schuld an den Täuschungsalarmen solch leichtsinnig oder laienhaft geplanter und installierter Melder? Der Planer hat ja nicht gewußt, daß Rauchmelder auch auf heißen Dampf ansprechen; der Errichter wußte nicht, daß IR-Flammenmelder auf modulierte Heißkörperstrahlung reagieren, und der Betreiber hatte keine Ahnung, daß die Luftheizung den Wärmemelder zum Ansprechen bringt.

"Das hat uns niemand gesagt, das haben wir nicht gewußt!", ist die Standardausrede. Natürlich hat Ihnen das niemand gesagt; sie hatten ja auch keine Zeit die Weiterbildungsveranstaltungen der Hersteller zu besuchen. Natürlich haben sie das nicht gewußt, sie hatten auch keine Zeit, oder fanden es nicht für notwendig, die Dokumentation der Gerätehersteller oder die Richtlinien z. B. des Verbandes der Sachversicherer aufmerksam zu lesen.

Wie bereits ausgeführt, sind bei der Planung von Brandmeldeanlagen viele Faktoren zu berücksichtigen. Diese treten bei den einzelnen Objekten sehr unterschiedlich in Erscheinung.

Mit Hilfe einer sinnvoll gestalteten Checklisten kann man objektunabhängig die Grunddatenermittlung vereinfachen und darüber hinaus dem Planer auch Hinweise auf vermeintliche Nebensächlichkeiten geben. Gerade die Nebensächlichkeiten werden sehr häufig übersehen. Bild 2.

Eine solche Checkliste beschränkt sich nicht auf die Aufzählung einiger Störgrößen, sondern beinhaltet daneben auch Hinweise auf haustechnische Anlagen, Störmöglichkeiten durch elektromagnetische Einflüsse, Hinweise auf bauliche Besonderheiten wie Dach- und Deckenformen usw.

*Die Checkliste muß so aufgebaut sein, daß*

- a) der Anwender bei der Grunddatenerfassung eine Zeiterparnis hat,*
- b) die Angaben auch in die Planung umgesetzt werden können,*
- c) einen Lerneffekt beim Anwender bewirken,*
- d) durch eigene Erkenntnisse sinnvoll erweitert werden kann.*
- e) Lösungsmöglichkeiten angegeben werden*



Ein ganz wesentlicher Aspekt einer solchen Checkliste ist z. B. neben der möglichst vollständigen Aufzählung von Störgrößen auch die Angabe von Lösungsmöglichkeiten durch besondere oder zusätzliche Techniken.

Hier seien stellvertretend nur zwei genannt, die heute einfach realisiert werden können und die sich in der Vergangenheit bewährt haben. Die Zwei-Gruppen- und die Zwei-Melderabhängigkeit.

Mit einer solchen Vorgehensweise kann man viele Ursachen für Täuschungsalarme schon im Planungsstadium ausschließen.

Was für den Planer wichtig ist, gilt im gleichen Maß auch für den Errichter. Denn der Errichter der Anlage kann vor Ort zum Zeitpunkt der Montage auf zu erwartende Störgrößen ebenfalls reagieren; sei es durch geänderte Melderauswahl, z. B. gegen EMV-Einflüsse.

Auch hierzu ein einfaches Beispiel aus der Praxis: Der während der Ausbauphase des Gebäudes aufgewirbelte Staub führt bei den Rauchmeldern zu Täuschungsalarmen oder zu einer Veränderung der Alarmschwelle. Die Meldereinsätze sollten deshalb erst dann in die Montagesockel gesteckt werden, wenn das Gebäude besenrein ist.

Besonders wichtig ist dieses Vorgehen bei Meldern, welche in Lüftungskanälen montiert sind. Hier muß die Lüftungsanlage zuerst eine gewisse Zeit in Betrieb sein, bevor man die eigentlichen Melder montiert.

Nachdem alle Meldereinsätze montiert sind, schließt sich ein sogenannter Probetrieb an. Während dieses Probebetriebes werden auflaufende Meldungen nicht zur Feuerwehr weitergeleitet.

Ein Probetrieb ist aber nur dann sinnvoll, wenn der Betreiber in die Funktion der Anlage eingewiesen ist und auch das Personal über die Wirkungsweise der Brandmeldeanlage informiert wurde.

Während des Probetriebes muß die Anlage genau beobachtet werden und alle auflaufenden Meldungen sind zu protokollieren. Nur so gelingt es, evtl. auftretende Störquellen zu analysieren und auszuschalten. Hier bieten insbesondere Anlagen mit Einzelmeldererkennung Vorteile; sie erleichtern das einfache lokalisieren von punktuell auftretenden Störgrößen.

Nach erfolgreichem Probetrieb wird die Anlage offiziell in die Verantwortung des Betreibers übergeben. Dazu gehört auch eine vollständige Anlagendokumentation.

***Zu dieser Anlagendokumentation gehören:***

- *ein Merkblatt zum Verhalten im Brandfall*
- *eine klar gegliederte und leicht verständliche Bedienungsanleitung der Brandmelderzentrale*
- *ein Verzeichnis der Meldergruppen*
- *eine Aufstellung aller Anlagenteile geordnet nach Typ und Anzahl*
- *eine Beschreibung der Anlage mit Angaben der durch eine Meldung bewirkten Reaktionen*
- *ein Betriebsbuch mit der Möglichkeit einzelne Ereignisse so zu dokumentieren, daß sie statistisch ausgewertet werden können.*

Wenn man Betriebsbücher aus Anlagen vergleicht, die mit der gleichen Sorgfalt geplant und eingebaut wurden, stellt man fest, daß unabhängig von der Nutzungsart der Gebäude, die Anlagen keine oder kaum Probleme aufwerfen, bei denen der Betreiber seiner Sorgfaltspflicht nachkommt.

Dies macht deutlich, daß der Betreiber für viele Täuschungsalarme selbst verantwortlich ist.

Um zu einer deutlichen Verringerung von Falschalarmen zu kommen, die auf Täuschung der Melder beruht, muß der Betreiber solcher Anlagen noch mehr als bisher in die Pflicht genommen werden. Dies gilt insbesondere bei der ordentlichen Führung des Betriebsbuches.

Innerhalb des vorbeugenden Brandschutzes muß neben baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen den organisatorischen Maßnahmen mehr Beachtung geschenkt werden.

Durch eine ausführliche Einweisung und einer sinnvoll aufgebauten Anlagendokumentation erreicht man beim Betreiber schon von Beginn an eine bessere Akzeptanz der Anlage.

*Auch hier wieder ein Beispiel:*

*So müssen das Personal und vor allen Dingen externe Handwerker vom Vorhandensein einer automatischen Brandmeldeanlage Kenntnis haben.*

*Vor Beginn von Arbeiten, bei denen Rauch, Staub, Wärme, Funken oder Flammen entstehen, muß der für die Brandmeldeanlage zuständige oder verantwortliche Mitarbeiter dieselbe in den betroffenen Räumen ausschalten. Bei Arbeiten mit Staubentwicklung muß darüber hinaus auch der Meldereinsatz entfernt und darf erst nach Beendigung der Arbeiten wieder montiert werden.*

Nutzungsänderungen sind dem zuständigen Instandhalter mitzuteilen. Der Betreiber darf sich nicht darauf verlassen, daß bei den regelmäßigen Inspektionen solche Änderungen auch erkannt werden.

Die Brandmeldeanlage muß jahrelang ihre Funktion erfüllen. Das kann sie nur, wenn sie regelmäßig inspiziert und gewartet wird.

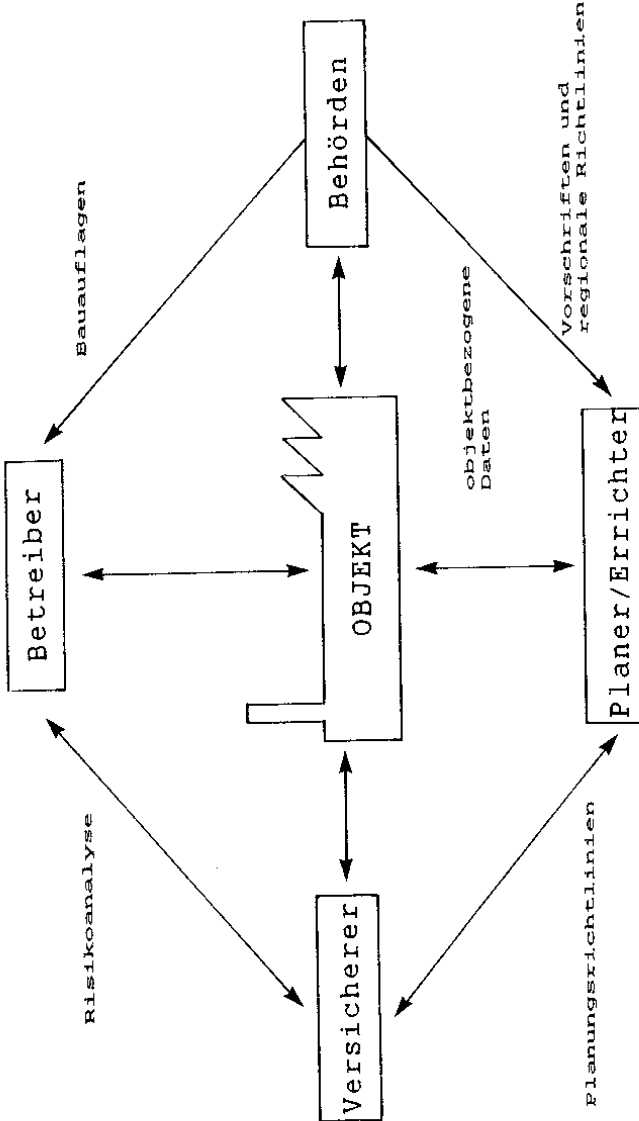
Was für den Planer und den Errichter gilt, nämlich Sach- und Fachkenntnisse von Brandmeldeanlagen, gilt auch für den Instandhalter. Die Wartung einer Brandmeldeanlage ist nicht abgeschlossen, wenn Ströme und Spannungen überprüft und neu eingestellt wurden. Hier wird von der Fachfirma mehr Dienst-"leistung" erwartet. Anhand der Anlagedokumentation ist nachzuprüfen, ob die Anlage ihre Aufgabe noch in vollem Umfang erfüllt. Vor allen Dingen müssen die organisatorischen Maßnahmen überprüft und den evtl. geänderten Bedingungen angepaßt werden.

Die Ursache unerwünschter Alarme sind vielfach bekannt; einen Weg sie zu reduzieren habe ich versucht aufzuzeigen, nämlich den Weg mit mehr Sorgfalt und dem erforderlichen Fachwissen zu planen, einzubauen, zu warten und zu betreiben. Alle die mit Brandmeldung zu tun haben, können einen Teil dazu beitragen, die Falschalartrate zu senken. Sie brauchen bloß mitzuhelfen, das Wissen von Brand- und Täuschungsgrößen zu vertiefen und dieses Wissen an die Verantwortlichen weiterzugeben.

Mit dieser Veranstaltung bietet uns das Fachgebiet Nachrichtentechnik der Universität Duisburg die Chance einen großen Schritt in Richtung Falschalaratreduzierung zu gehen.

## **Zusammenfassung**

<b>Projektierung</b>	Grunddatenerfassung lt. Checkliste von Spezialisten
<b>Montage</b>	Durch anerkannte Fachfirma nach den Regeln der Technik
<b>Inbetriebnahme</b>	Dokumentation übergeben Einweisung des Betreibers/Personals
<b>Betrieb</b>	Organisatorischen Brandschutz beachten Störgrößen vermeiden
<b>Wartung</b>	Nutzungsänderungen berücksichtigen Betreiber regelmäßig unterweisen



Erforderlicher Informationsfluß zum Erlangen einer objektspezifischen Projektierung

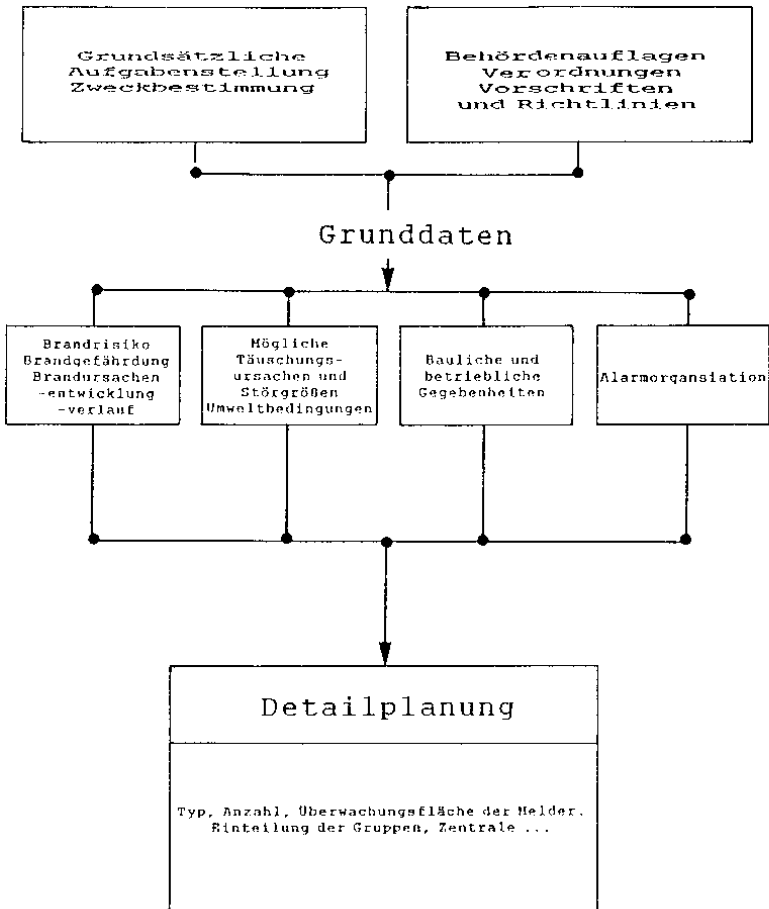


Bild 2





Jörg Sokat

Nt Universität Duisburg, 4100 Duisburg, BR Deutschland

## Konzepte zur Selbstüberwachung automatischer Brandmeldeanlagen

### *Einleitung*

Die Entwicklung der automatischen Brandmeldetechnik in den vergangenen Jahren ist durch die Einführung Mikroprozessor gesteuerter Brandmeldeanlagen gekennzeichnet.

Die Einführung dieser neuen Technologie hat es erlaubt, umfangreiche logische Funktionen mit vertretbaren Kosten in der Brandmeldetechnik zu nutzen. Durch die Verwendung softwaregesteuerter Anlagen wurde eine gesteigerte Flexibilität möglich.

Ein großes Problem, das dem weiteren Einsatz der Brandmeldetechnik im Wege steht, ist die immer noch sehr große Anzahl von unerwünschten Alarmen [10].

Die neuen Fehlerquellen, die durch Software gesteuerte Anlagen hervorgerufen wurden, sind in allen betroffenen sicherheitstechnischen Bereichen intensiv diskutiert worden [2,6] und haben Eingang in die einschlägige Normungsarbeit auf nationaler und internationaler Ebene gefunden.

Es stellt sich jedoch die Frage, ob die enormen Möglichkeiten, die die Mikroprozessortechnik bietet [2], über das bei Anlagen ohne solche Elemente bekannte Maß hinaus zur Verringerung der Fehl- und Täuschungsalarmrate eingesetzt werden können. Eine solche Verbesserung erscheint

möglich, wenn die Anlage auftretende Fehler erkennt und entsprechend reagiert.

Im folgenden Vortrag werden ausgehend von grundsätzlichen Überlegungen zur Selbstbeobachtung technischer Systeme, für die Brandmeldetechnik sinnvolle Möglichkeiten einer Selbstbeobachtung von analogen Brandmeldern aufgezeigt, die durch zusätzliche Software eine Funktionskontrolle ermöglichen.

#### *1. Grundsätzliche Überlegungen zur Selbstbeobachtung technischer Systeme.*

Ein technisches System ist ein physikalisches Gebilde, das einen Zusammenhang zwischen Eingangsgrößen und Ausgangsgrößen herstellt.

Bei einer Brandmeldeanlage sind die Eingangsgrößen die Stromversorgung, die mit den Brandmeldern gemessenen physikalischen Größen und der Zustand der Steuereinrichtungen. Die Ausgangssignale sind elektrische, akustische und optische Signale, die das Auftreten eines Brandes oder einer Störung kennzeichnen.

Die Brandmelderzentrale besteht wiederum aus einer Vielzahl von Teilsystemen, die verschiedene Funktionen erfüllen.

Ein Fehler eines Systems ist nach DIN 55350 die Nichterfüllung einer Forderung an dieses System. Diese Definition läßt die Schlußfolgerung zu, daß mit technischen Mitteln die Überwachung eines Systems nur möglich ist, wenn auf Grund der zugänglichen Eingangs- und oder Ausgangssignale und vorhandener Informationen entschieden werden kann, ob das System die gestellten Forderungen erfüllt. Es

muß also eine wie auch immer geartete Redundanz oder Diversität vorliegen.

Zum Aufbau einer solchen Überwachung sind vier kombinierbare Möglichkeiten denkbar:

- 1) Die Funktion des zu überwachenden Systems wird hardwaremäßig nachgebildet. Der Beobachter entscheidet auf Grund eines Vergleichs der Ausgangssignale. Es handelt sich um eine Hardwareredundanz bzw. Hardwarediversität.
- 2) Das System führt seine Funktion mehrfach kurz hintereinander durch. Wenn bekannt ist, daß sich die Ausgangssignale dann nicht sehr oder gar nicht unterscheiden dürfen, kann der Beobachter auf Grund der Gleichheit der Ausgangssignale zu verschiedenen Zeitpunkten auf ordnungsgemäße Funktion entscheiden. Es handelt sich um eine Zeitredundanz.
- 3) Es ist bekannt, daß die zu beobachtenden Signale Parameter haben, die bei einem Fehler in einem anderen Bereich liegen als bei einer ordnungsgemäßen Funktion des Systems. Es handelt sich um eine wissensbasierte Redundanz.
- 4) Durch die Beobachtung mehrerer Signale kann mit bekannten Korrelationen jedes Signal aus allen anderen geschätzt werden. Der Beobachter entscheidet auf Grund eines Vergleichs zwischen den geschätzten und den beobachteten Signalen. Es handelt sich um eine modellbasierte Redundanz.

Die unter Ziffer eins bis drei beschriebenen Möglichkeiten werden in der automatischen Brandmeldetechnik ausgenutzt. So ist z.B. die Zweilinenabhängigkeit eine Hardware-redundanz, eine verzögerte Alarmierung ist eine Zeit-redundanz und die Überwachung der Linien auf Kurzschluß oder Durchbruch ist ein wissensbasierte Redundanz.

Modellbasierte Redundanzen werden bisher in der Brandmeldetechnik kaum angewendet. Anwendungen finden sie in der Regelungstechnik zur Instrumentenfehler Detektion [7]. Sie eignen sich auf Grund des hohen numerischen Aufwands zur Zeit auch nur bedingt zum Einsatz in der Brandmeldetechnik.

Im folgenden werden vorhandene Redundanzen in Brandmeldeanlagen vorgestellt, die einer einfachen Beobachtung zugänglich sind.

## *2. Vorhandene Redundanzen in Brandmeldeanlagen*

Wie aus den Überlegungen im Abschnitt eins hervorgeht, sind zur technischen Fehlerüberwachung Redundanzen erforderlich. Solche Redundanzen können entweder in das System eingebaut werden, oder es werden ohnehin vorhandene Redundanzen ausgenutzt. Da die letzte Möglichkeit die kostengünstigere ist, stellt sich die Frage, welche zur Überwachung geeigneten Redundanzen in Brandmeldeanlagen vorhanden sind.

### *2.1. Vorhandene Redundanzen in der Brandmelderzentrale*

Die Brandmelderzentrale ist das zentrale Element einer Brandmeldeanlage. Im Unterschied zu den Meldern ist hier eine Selbstüberwachung verhältnismäßig einfach durchzuführen, da die zu überwachenden Komponenten nur einmal

vorhanden sind. Dementsprechend sind Methoden der Selbstüberwachung in der Zentrale eingeführt und haben Eingang in die entsprechenden nationale und internationalen Vorschriften gefunden. Die Funktionen der Brandmelderzentrale sind:

- Die Stromversorgung aller angeschlossenen Melder und Alarmierungseinrichtungen.
- Die Auswertung der von den Meldern eingehenden Signale.
- Das Auslösen der Alarmierungseinrichtungen.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben werden in modernen Brandmeldeanlagen Mikroprozessor gesteuerte Schaltungen eingesetzt. Aus diesen Vorüberlegungen ergeben sich die wesentlichen auftretenden Redundanzen in der Brandmelderzentrale.

Die Brandmelderzentrale hat abhängig von ihrem Zustand (Alarm, Normalzustand) eine durch ihren Aufbau definierte Stromaufnahme. Eine deutliche Abweichung der Stromaufnahme vom Sollzustand läßt auf einen Fehler der Anlage schließen.

Das elektrische Potential ist an vielen Knoten der Anlage abhängig vom Zustand definiert. Auf diesem Prinzip beruht die übliche Überwachung auf Kurzschluß bzw Erdschluß (EN54).

In softwaregesteuerten Brandmelderzentralen benötigen alle Programmteile eine gewisse Zeit zu Ihrem Ablauf. Eine deutliche Überschreitung oder Unterschreitung der vorgege-

benen Laufzeit läßt auf einen transienten Fehler schließen [1,6].

Von der Zahl der physikalisch möglichen Zustände auf dem Prozessor einer Anlage ist nur ein Bruchteil wirklich erlaubt. Möglichkeiten der Selbstüberwachung von Prozessoren werden in der Literatur beschrieben [1].

## *2.2. Vorhandene Redundanzen in analogen Brandmeldern*

Seit einigen Jahren werden in der Brandentdeckungstechnik analoge Brandmelder, d.h. solche, die Meßwerte zur Zentrale übertragen und nicht selbst eine Entscheidung treffen, eingesetzt. Durch den Einsatz dieser Meldertypen steht der komplette Zeitverlauf der beobachteten Brandkenngrößen in der Zentrale zur Verfügung. Neben der Verringerung der Täuschungsalarmwahrscheinlichkeit ist es mit dieser Technik auch möglich, Ausfälle der Brandmelder anhand der empfangenen Signale zu erkennen.

Bei Brandsignalen handelt es sich um beobachtete physikalische Umweltsignale. Prinzipiell ist daher mit zwei redundanten Informationen zu rechnen.

- 1) Brandsignale bleiben nicht über einen längeren Zeitraum konstant. Es handelt sich um "verrauschte" Signale.
- 2) Brandsignale können sich nicht beliebig schnell ändern. Es handelt sich um Tiefpaßsignale.

Diese beiden redundanten Informationen sind zwar theoretisch immer vorhanden, es ist jedoch nicht gesagt, daß sie sich tatsächlich zur Beobachtung und Fehlererkennung eignen. Die absolute Größe der redundanten Informationen

kann weit unterhalb der Auflösung des Meßsensors und der Datenübertragung liegen. Für die in der Brandmeldetechnik üblichen Meßprinzipien ergibt sich:

- Rauchdichte nach dem Ionisationsprinzip  
Neben den normalen Umgebungsbedingungen wirkt bei der Ionisationskammer das radioaktive Präperat als Rauschquelle. Dieser Effekt eignet sich zur Ausfallerkennung. Die maximale Änderung des Ausgangssignals der Ionisationskammer ( der Absolutbetrag der Differenz zweier zeitlich benachbarter Meßwerte ) ist durch die Eindringgeschwindigkeit des Brandaerosols [4], durch die räumliche Integration über das Kammervolumen und durch die Anlagerungsgeschwindigkeit der freien Luftionen an die Rauchpartikel begrenzt. Die Anlagerungsgeschwindigkeit der freien Luftionen an die Rauchpartikel ist für das Ladungsverteilungsprofil der Ionisationskammer [5] noch nicht theoretisch untersucht worden. In der Literatur finden sich jedoch für konstante Ladungsverteilungen Zeitangaben im Sekundenbereich [3].
  
- Rauchdichte nach dem optischen Prinzip  
Optische Meßverfahren der Rauchdichte sind annähernd trägheitslos. Aus diesem Grund werden die Änderungsgeschwindigkeiten und die Rauschleistung der optischen Melder von den Umgebungsbedingungen und dem konstruktiven Aufbau des Melders beeinflußt [4]. Ein einziges großes Aerosolpartikel ist in der Lage große Meßwertschwankungen auszulösen.
  
- Temperaturmessung  
Auf Grund der Wärmekapazität der üblichen Temperaturfühler, ist mit langsam veränderlichen Meßwertschwankungen zu rechnen. Der Einfluß des Temperaturrauschens

kann in ungünstigen Umgebungen unter der Meßgenauigkeit liegen.

### 3. Beobachtungsmöglichkeiten

Ausgehend von den in Abschnitt zwei beschriebenen Redundanzen in Brandmeldeanlagen bleibt die Frage, wie mit einfachen technischen Mitteln eine Selbstüberwachung zur Fehlererkennung möglich ist. Wie im Abschnitt zwei schon ausgeführt wurde, sind die Überwachungsmöglichkeiten in der Zentrale sehr weit ausgenutzt. Es sei deshalb an dieser Stelle auf die angegebene Literatur [6] verwiesen. Zur Überwachung der Melder müssen kostengünstige Lösungen angestrebt werden, da in einer großen Anlage sehr viele Melder überwacht werden müssen.

#### 3.1. Beobachtungsschaltungen für analoge Brandmelder

Eine Schaltungsmöglichkeit zur Beobachtung von Brandsignalen auf unzulässig große Änderungen ist in Bild 1 angegeben. Es wird der Absolutbetrag der Differenz zweier zeitlich benachbarter Meßwerte ausgewertet. In Bild 2 ist dargestellt, wie sich die Maßnahme bei einer einfachen Schwellenwertentscheidung zur Detektion qualitativ auswirkt.

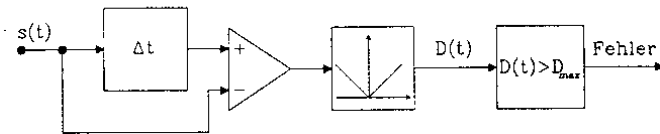


Bild 1 Überwachungsschaltung für den Absolutbetrag der Differenz zweier Meßwerte.



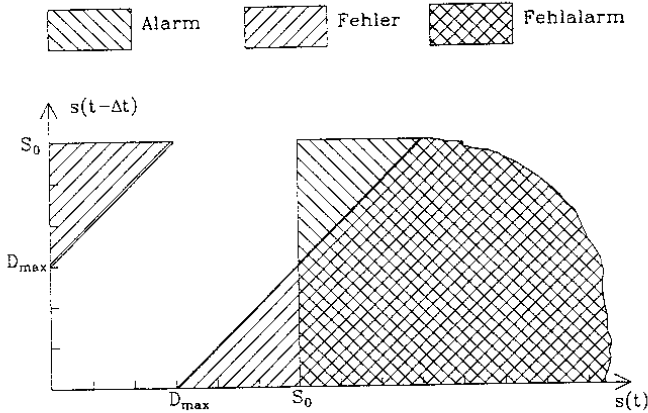


Bild 2 Qualitative Auswirkung der Überwachung.

Eine Schaltungsmöglichkeit zur Beobachtung der Rauschleistung ist in Bild 3 angegeben. Zur numerischen Vereinfachung wird nicht die Kurzzeitvarianz des Brandsignals, sondern ein zum Kurzzeitmittelwert des Absolutbetrags der Differenz zweier Meßwerte proportionaler Wert, ausgewertet. Zur Vermeidung eines großen Speicherplatzaufwands wird eine zeitrekursive exponentielle Gewichtung der Meßwerte vorgenommen [8]. Durch die Quantisierung der auftretenden Größen ist sichergestellt, daß die Kontrollgröße  $V(t)$  in endlicher Zeit Null werden kann. Der Kurzzeitmittelwert der Abweichung zweier Meßwerte  $D_{mit}(t)$  läßt sich mit (1) aus  $V(t)$  berechnen.

$$D_{mit}(t) = (1-a)*V(t) \quad (1)$$

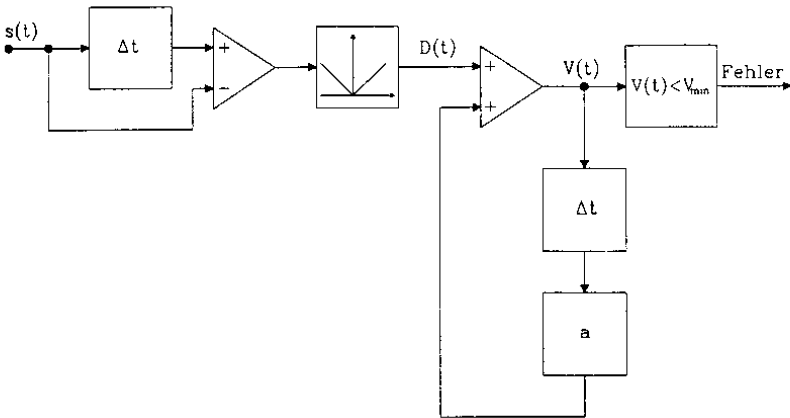


Bild 3 Überwachungsschaltung für die Rauschleistung.

Die vorgestellten Überwachungsschaltungen lassen sich in der Brandmelderzentrale per Software implementieren. Da der Preis für die benötigte Rechenleistung des eingesetzten Mikroprozessors immer mehr abnimmt, bieten sich solche Konzepte neben anderen Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlalarmen an.

#### 4. Simulationsergebnisse

Die in Bild 1 und 3 dargestellten Überwachungsschaltungen wurden auf einem Personalcomputer simuliert. Als Testdaten wurden die im Rahmen des BMFT Projekts 8510/09 [9] aufgenommenen Brandkenngrößenverläufe für den Brand- und Nichtbrandfall untersucht. Die in Bild 3 eingeführte Konstante  $a$  wurde zu 0.8 gesetzt. Die durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, daß bei der Ionisationskammer Totalausfälle nach spätestens einer Minute erkannt werden.

Da die absoluten beobachteten Werte von der verwendeten Meßwerterfassung abhängen, werden die maximalen und mini-

malen Meßwerte mit angegeben. Die Einheit der Meßwerte ist willkürlich, aber für das verwendete Meßverfahren zweckmäßig gewählt.

Für den Brandfall wurden 24 Brandversuche ( Testfeuer nach EN 54/Teil 9 ) ausgewertet. Der gesamte Beobachtungszeitraum war 6 Stunden und 28 Minuten bei jeweils 6 beobachteten Meßgrößenverläufen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Ein auftretender Übertragungsfehler Bild 4 wurde sicher von beiden Schaltungen erkannt.

Meßgröße	I-Kammer Meßkopf	Optischer Meßkopf	Temperatur
Maximaler Meßwert	11773	11714	14992
Minimaler Meßwert	3640	3360	6901
Maximales $D(t)$	955	5118	511
Maximales $D(t)$ in Prozent vom Dynamikbereich	11.7	61.3	6.3
Minimales $V(t)$	16	0	0
Minimales $D_{mit}(t)$	3.2	0	0
Minimales $D_{mit}(t)$ in Prozent vom Dynamikbereich	0.04	0	0

Tabelle 1 Verhalten der Beobachter im Brandfall.

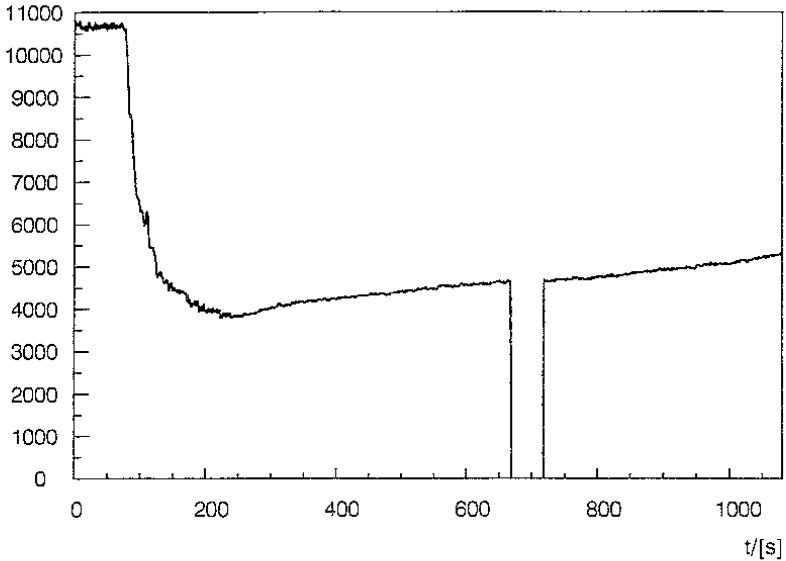


Bild 4 Meßgrößenverlauf der Ionisationskammer mit Übertragungsfehler

Für den Nichtbrandfall wurden Kenngrößenverläufe aller im BMFT-Projekt 8510/09 installierten Anlagen ausgewertet. Insgesamt wurde ein Zeitrahmen von 33 Tage, 22 Stunden und 9 Minuten ausgewertet. Eine Sichtung der übrigen Kenngrößenverläufe ergab keinen Widerspruch zu den in Tabelle 2 dargestellten Ergebnissen. Da im Nichtbrandfall der Dynamikbereich der Meßwandler nicht ausgenutzt wird, wurden hier die Ergebnisse aus Tabelle 1 benutzt.

Meßgröße	I-Kammer Meßkopf	Optischer Meßkopf	Temperatur
Maximaler Meßwert	12219	11685	9180
Minimaler Meßwert	8950	3904	5579
Maximales $D(t)$	552	7257	444
Maximales $D(t)$ in Prozent vom Dynamikbereich	6.7	86.9	5.5
Minimales $V(t)$	40	4	0
Minimales $D_{mit}(t)$	8.0	0.8	0
Minimales $D_{mit}(t)$ in Prozent vom Dynamikbereich	0.1	0.01	0

Tabelle 2 Verhalten der Beobachter im Nichtbrandfall.

Die vorhandene Rauschleistung des optischen Rauchmeßkopfes im Nichtbrandfall ist durch die starke nichtlineare Kennlinie des Melders zu erklären. Sehr kleine Rückstrahlungen verursachen bereits meßbare Ausschläge während im Brandfall eine Sättigung eintritt. Dieser Effekt läßt sich zur Überwachung des optischen Melders im Nichtbrandfall ausnutzen. Ein Fehler ist aufgetreten, wenn bei kleinen gemessenen Rauchdichten  $V(t)$  des optischen Rauchmelders Null wird.

*Zusammenfassung:*

Ausgehend von grundsätzlichen Überlegungen zur Selbstüberwachung automatischer Brandmeldeanlagen wurden vorhandene Redundanzen in Brandmelderzentralen und analogen Brandmeldern aufgezeigt. Darauf aufbauend wurden zwei Überwachungskonzepte für analoge Brandmelder vorgestellt, die sich softwaremäßig realisieren lassen. Die Simulationsergebnisse zeigen, daß sich die Auswertung des Absolutbetrags der Differenz zweier Meßwerte zur Überwachung von Ionisationsmeldern und Temperaturmeldern eignen. Die Ionisationskammer kann weiter mit einer Überwachung des Kurzzeitmittelwerts des Absolutbetrags der Differenz auf ihre Funktion überwacht werden. Bei geeigneter Auslegung ist diese Überwachung im Nichtbrandfall auch für den optischen Melder möglich.

Literaturverzeichnis:

- [1] R. Hedtke: "Mikroprozessorsysteme, Zuverlässigkeit, Testverfahren, Fehlertoleranz", Springer Verlag, Berlin 1984
- [2] H. Luck,  
U. Schlossarek: "Software Controlled Fire Detection Systems", Fire Science and Technologie, Vol 7 No 2, pp 53-60, 1987
- [3] W.A. Hoppel,  
G.M. Frick "Aerosol Charge Distributions Produced by Radioactive Ionizers", Naval Research Laboratory, NRL Report 9108, Washington DC, 1988
- [4] H.J. Thielen,  
W. Kühn: "Bestimmung des Eindringverhaltens von Aerosolen in Rauchmelder", Universität Duisburg Fachgebiet Prozess- und Aerosolmeßtechnik, Bericht Nr 179, 1987

- [5] G. Meyer: "Ein mathematisches Modell für Ionisationsrauchmelder", Vortrag AUBE'82, Duisburg 1982
- [6] U. Schlossarek: "Studie über Softwaregesteuerte Gefahrenmeldeanlagen", Verband der Sachversicherer e.V. Köln, VdS 2173 5/87, 1987
- [7] P.M. Frank: "Fault Diagnosis on the Basis of Dynamic Process Models", 12th IMACS World Congress on Scientific Computation, Paris 1988;
- [8] U. Appel,  
A.v. Brand: "Recursive Lattice Algorithms with Finite Duration Windows", Proc. Internat. Conf: on Acoust. Speech and Signal Process., pp 647-650, Paris, 1982
- [9] O. Post "Ein Meßwert Registriersystem für Brandkenngrößen", Vortrag AUBE'89, Duisburg, 1989
- [10] A. Watanabe,  
H. Sasaki,  
J. Unoki: "Overview of Fire Detection in Japan" Fire Safety Science, pp 679-688, Proc. 1. Int. Sympos., Editors C.E. Grant, P.J. Pagni, Springer Verlag, Berlin 1985





Heikki Ahola and Matti Kokkala  
Technical Research Centre of Finland  
Fire Technology Laboratory  
SF-02150 Espoo, Finland

Experimental studies on detection of smouldering fires

Introduction

Smouldering fires are a challenge to the detection system designer. The smoke moves slowly making it difficult for the particles to enter the detector chamber. The air currents in the room easily mix with the smoke diluting it and directing the flow out of the reach of the detectors. The low buoyancy of the cold smoke plume prevents the plume from penetrating any hot layers in the upper parts of the room.

In this paper we shall first discuss the physical factors affecting the detector operation. The experimental part thereafter reflects the practical consequences of the various factors.

Dynamics of a smoke detector

The dynamics of any detector can be described by a differential equation

$$dC_{in}/dt = (C_{out} - C_{in})/\tau, \quad (1)$$

where  $t$  is time,  $\tau$  a time constant describing the detector response,  $C_{in}$  the combustion product concentration inside the detector chamber, and  $C_{out}$  the combustion product concentration in the smoke flowing around the detector /1,2/. For photosensitive detectors, the combustion product concentration can be replaced by the optical smoke density  $m$ , because for a given fire  $m$  is proportional to the mass concentration of smoke:

$$dm_{in}/dt = (m_{out} - m_{in})/\tau. \quad (2)$$

It has also been postulated that the time constant of a smoke detector can be expressed as  $\tau = L/v$ , where  $v$  is

the flow velocity at the position of the detector and  $L$  is the characteristic length of the detector /1,2/. If  $m_{out}$  is known as a function of time, Eq. (2) can be solved to obtain  $m_{in}$  as a function of time. In a steady and slow growth of smoke density as a function of time we can, however, estimate the smoke density at the moment of detector operation  $t_r$  by

$$m_{out}(t=t_r) = m_r + (L/v)(dm_{out}/dt), \quad (3)$$

where the derivative is estimated at  $t = t_r$  and where  $m_r$  is the static response threshold of the detector.

We can readily see from Eq. (3) that as the flow velocity  $v$  is small, as it is the case in smouldering fires, the visible smoke density outside the detector may become much higher than the static response threshold of the detector.

#### Effect of air currents in the room

Ventilation and local air circulation in a room easily affect the detector operation by diluting the smoke and by directing the flow of smoke out of the reach of detectors. Holmstedt et al. have derived an order-of-magnitude estimate for the heat release rate required to overcome the effects of ventilation /6/. Their conclusion was that the critical heat release rate depends on  $V^3/H^5$ , where  $V$  is the volume flow through the room and  $H$  is the height of the room.

Let us consider the local effects of the air currents. The flow of the plume dominates the local air flow, if the momentum of the plume is much higher than the momentum of the local air flow. Because in a smouldering fire the density of the heated air in the plume is very close to the ambient density we can simply express the condition as

$$v_p/v_a \gg 1, \quad (4)$$

where  $v_p$  is the maximum flow velocity of the rising plume and  $v_a$  is the local air flow velocity. Applying the plume

flow velocity expression of Heskestad  $v_p \approx 1.0 (Q/H)^{1/3}$  /8/, we get a condition

$$Q \gg H v_a^3, \quad (5)$$

where the unit of heat release rate  $Q$  is kW and the unit of height  $H$  is m. For example, in a 4 m high room a flow velocity of 0.6 m/s close to the ceiling requires  $Q \gg 1$  kW for the fire to dominate the flow pattern.

#### Effect of warm layer of air under the ceiling

A warm layer of air under a ceiling may prevent the plume from rising to the vicinity of detectors attached to the ceiling surface. A rough estimate for the minimum fire size can be obtained by comparing the temperature rise  $\delta T_p$  at the base of the warm layer and the temperature rise  $\delta T_L$  in the layer. The necessary condition for undisturbed penetration is

$$\delta T_p > \delta T_L \quad (6)$$

Applying again Heskestads expression for the temperature rise on the plume axis  $\delta T_p \approx 24 Q^{2/3} (H-L)^{-5/3}$  /8/ the condition reduces to

$$Q > [\delta T_L (H-L) / 24]^{3/2} (H-L), \quad (7)$$

where  $L$  is the thickness of the layer. As an example, if a 0.2 m thick layer at a temperature of 2 °C above ambient exists in a 4 m high room, we must have  $Q > 0.6$  kW. This is of the order of the convective heat flux in the smouldering wood test TF2 of EN 54-9. As an indication of the validity of the rough estimate, we can refer to the recent experiments by Hotta et al. where they found that in the standard tests a layer warmer than 2 °C prevents the smoke from reaching the detectors at the ceiling surface /9/.

#### Effect of particle size

Various studies have shown that smouldering fires tend to produce larger smoke particles than flaming fires /3,4/. The range of particle sizes appearing in natural

fires is also covered by the standard smoke detector tests /5/, where the smoke density is described by the optical absorbance index  $m$  and the ionization chamber parameter  $y$ . It can be shown that  $y \propto N_p D_p$ , where  $N_p$  is the number density of particles and  $D_p$  the diameter of the particles. It can also be shown that  $m \propto N_p D_p^2$  for larger particles and  $m \propto N_p D_p^3$  for smaller particles; 'small' and 'large' depend on the wavelength /6/. Accordingly in the smouldering fires the ratio  $m/y$  is higher than in the flaming fires.

Typical curves of the smoke density in the standard tests are shown in Fig. 1 in  $m, y$ -plane. Two of the tests, TF2: pieces of wood on a hot plate and TF3: cotton wick represent smouldering fires, and the rest of the tests, TF1: wood crib, TF4: soft polyurethane foam, and TF5: heptane represent flaming fires.

As an approximation (when the dynamics of the detector and the difference between light absorbance and light scattering are neglected), we can claim that photoelectric detectors operate at a fixed value of  $m$  and that ionization detectors operate at a fixed value of  $y$ . From Fig. 1 we can then conclude that for a photoelectric detector the flaming fires are the most difficult to detect

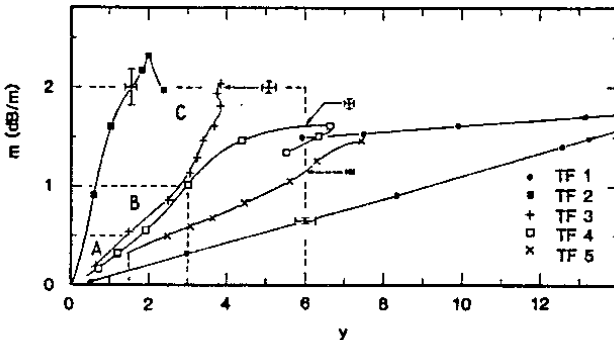


Fig. 1. Optical absorbance index  $m$  vs. ionization chamber parameter  $y$  in standard smoke detector tests /5,7/.

whereas for the ionization detectors the highest sensitivity (smallest  $m_T$ ) is required to pass the smouldering wood test TF2. This has also been the case for all the smoke detector tests carried out in our laboratory during the last eight years.

### Experiments in a room with negligible ventilation

#### Test arrangement:

The detection of smouldering fires in a room with negligible ventilation was studied applying the procedure of running the standard test fire TF2: smouldering wood. Compared to the standard tests the heating rate of the hot plate was varied to study the effects of different smoke build-up rates. In addition to the standard locations a total of 30 smoke detectors, most of them light-scattering detectors, were placed in various positions in the room. All the detectors were models commonly used around Europe. Although the detectors were not cleaned between the tests, no systematic tendency for sensitivity drift was observed in any of the detectors.

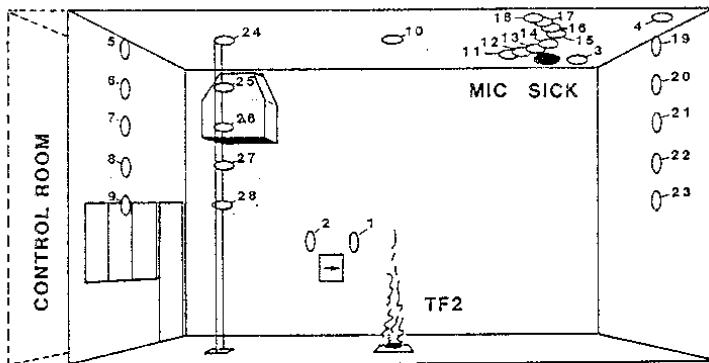


Fig. 2. Schematic view of the test room showing the positions of the detectors in the series of tests under zero ventilation.

The test room (see Fig. 2) has dimensions according to EN 54-9: height 4.0 m, length 9.5 m and width 6.3 m. The smoke density is measured optically using a modified SICK RM 61-02 densitometer operating in the near infrared and with a standard ionization chamber MIC. Both instruments are attached to the ceiling at the 3 m radius symmetrically with respect to the longitudinal centreline of the test room. The distance between the ceiling and the axis of the light beam is 0.24 m.

The hot plate for test fire TF2 has a maximum heating power of 2.6 kW. Two thermocouples are connected to the hot plate, one for temperature control and one for reference reading. The temperature of the plate is controlled with a PID-controller. The combustible material consists of twelve pieces of beechwood ( $10 \times 20 \times 70 \text{ mm}^3$ ) on the plate.

Different heating procedures were tested to reach repeatable smoke development. In the test series discussed here the plate was first heated with maximum warm-up rate to  $450 \text{ }^\circ\text{C}$ , which took about 2 min 40 s. Then the temperature was kept constant for 4 min 20 s and thereafter the heating was continued at a rate of  $37.5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$  until a surface temperature of  $600 \text{ }^\circ\text{C}$  was reached.

The maximum rate of mass loss of the wood pieces  $0.20 \pm 0.015 \text{ g/s}$  occurred about 9 min from the beginning of the test. The convective heat flux  $Q_C$  of the plume was derived from the maximum temperature on the plume axis 1 m above the plate. To a good approximation  $Q_C$  was found to depend only on the temperature of the plate: at  $450 \text{ }^\circ\text{C}$   $Q_C$  was 0.3 kW and at  $600 \text{ }^\circ\text{C}$  0.6 kW.

The optical smoke density as a function of time is given in Fig. 3. Smoke reached the SICK in 3 - 4 min from the beginning of the test, whereafter the rate of increase of smoke density was almost constant  $0.45 \pm 0.05 \text{ dB/m}/\text{min}$ . The maximum smoke density of 2.3 dB/m is reached in about 10 min from the beginning of the test. Fig. 4 shows the ratio  $m/y$  as a function of time.

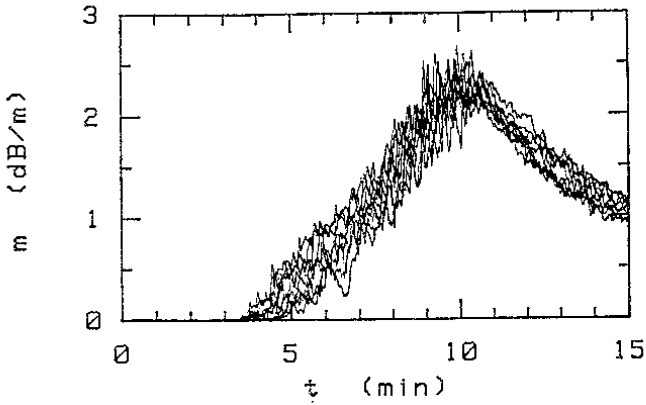


Fig. 3. Optical absorbance index  $m$  as a function of time in the series of TF2 standard tests.

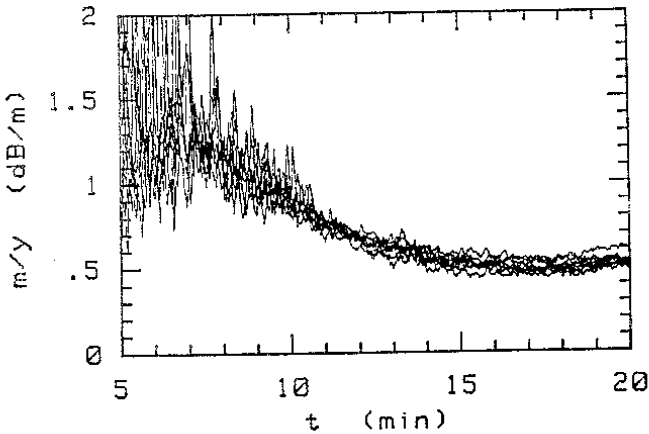


Fig. 4. The ratio of the optical absorbance index  $m$  and the MIC parameter  $y$  as a function of time in the series of TF2 standard tests.

Repeatability of detector response:

The early fire development was found extremely repeatable; a smoke detector at the ceiling right above the hot plate (pos. 10 in Fig. 2) responded within 2 min 45 s - 2 min 58 s.

Eight of the detectors were in positions fulfilling the requirements of the EN 54-9 standard, i.e., attached to the ceiling on a radius of 3 m from the axis of the fire plume. Results of sensitivity measurements for the eight detectors are given in Table 1. The standard deviation of sensitivity for different detectors varies in the range 0.18 - 0.44 dB/m. The average standard deviation is little less than 0.3 dB/m. The two ionization detectors have the highest response thresholds as expected.

Table 1. Average response threshold  $m_{ave}$  and standard deviation  $s$  of the response threshold of two ionization detectors (BI3, AI1) and six light scattering detectors in a series of nine TF2 standard tests

Detector	Position	$m_{ave}$ (dB/m)	$s$ (dB/m)
BI3	11	2.03	0.21
AI1	12	1.73	0.18
EP1	13	1.56	0.35
AP6	14	0.95	0.26
CP2	15	0.94	0.23
BP7	16	1.01	0.22
CP1	17	1.66	0.44
DP2	18	0.88	0.35

Effect of rate of rise of smoke density:

Fig. 5 shows the smoke density  $m$  as a function of time in four tests with different heating procedures. In each test the temperature of the plate was raised with maximum rate to a constant level, which was different for different tests. The operation points of two detectors are



marked to the curves. The figure clearly demonstrates the importance of dynamical effects. With higher rates of increase of smoke density considerably higher apparent response thresholds are measured.

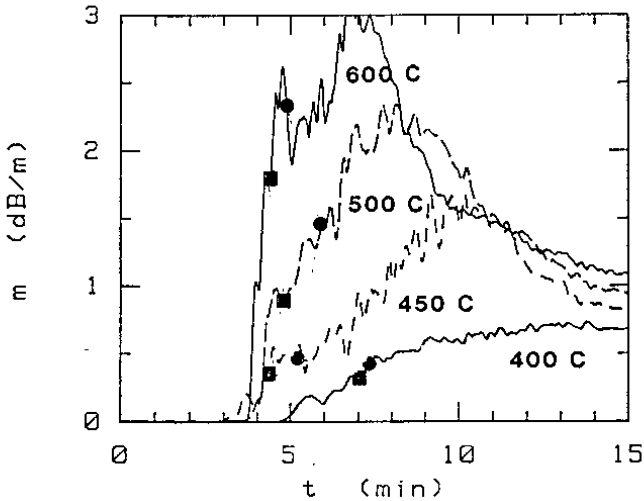


Fig. 5. Optical absorbance index  $m$  as a function of time in four tests in which the hot plate temperature was raised with maximum rate to different constant levels. The moments of response of two different detectors are shown by the circles and the squares.

Effect of the detector location:

The comparison of detectors at different locations is based on the time of response. Due to the variation of the sensitivity of individual detectors, the results may only be considered approximate.

As discussed above, the first detector to respond was the one directly above the fire. The time of response was little less than 3 min. Detectors of the same model attached to the ceiling at the radius of 3 m responded  $4 \pm 1$  min later, and it took further 3 - 4 min until the detectors connected to the end walls 0.5 m below the ceiling responded. The detectors mounted to the ceiling close to the corners responded slightly earlier, although they were at a longer distance from the plume axis.

The effect of the height of the detector can be seen rather clearly from the results as illustrated by Fig. 6. The horizontal bars correspond to deviation of the response times in the whole series of tests. The connecting line between detectors at various heights goes through the points corresponding to the average time delay of response compared to the response of the uppermost detector.

Fig. 6a shows the response times of the detectors connected to the shelf standing on the longitudinal centre-line of the room 3 m from the plume axis (see Fig. 2). The detector 0.6 m below the ceiling responds first, but the difference between that and the uppermost detector is small. The lowermost detector did not respond in all of the tests.

Fig. 6b shows the response times of detectors connected to the end wall towards the control room. Also in this case the detector 0.6 m below the ceiling responds first. However, the detectors above and next below are not much slower. Similar tendency of the effect of height can be seen also in Fig. 6c, which shows the response times of the detectors at the opposite end wall.

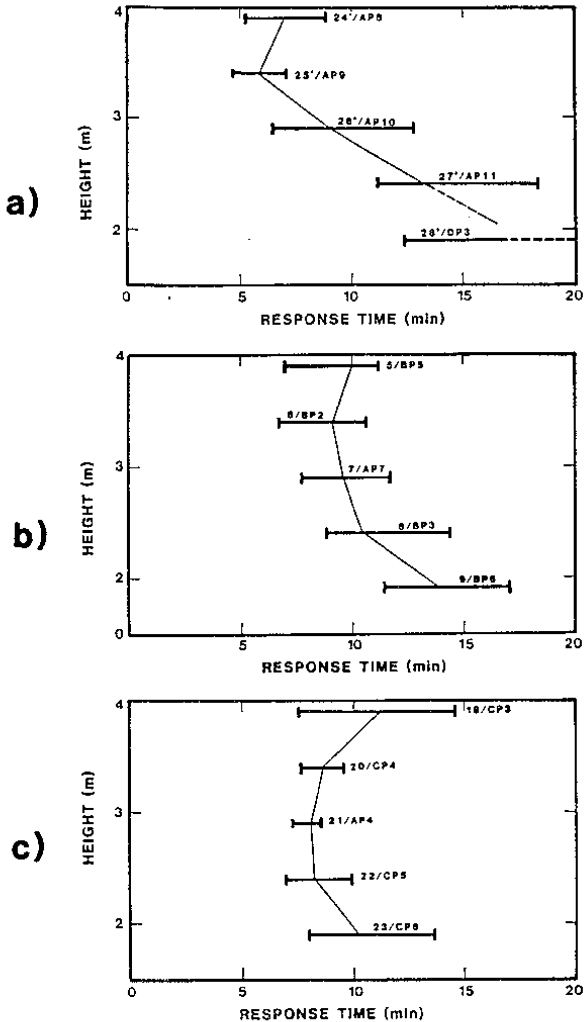


Fig. 6. Response times of detectors mounted at different heights at various locations in the room: a) at the shelf 3 m from the axis of the plume, b) on the wall towards the control room, and c) on the wall opposite to the control room. Note that even with detectors of the same model the real sensitivity may be different.

Common to all the locations shown in Fig. 6 is that the deviation of the response times is the smallest at the height of the fastest response. Close to the ceiling and lower in the room the response times in different tests may vary a lot.

The test result indicate that fastest and most reliable response is obtained by detectors somewhat below the ceiling. At the centre of the room the most favourable height was 0.6 m below the ceiling and at the end walls detectors mounted even lower were faster than up at the corner of the wall and ceiling. In general, detectors mounted to the ceiling responded before detectors mounted on the walls.

A possible reason for the slower response close to the ceiling is that during the first minutes of the fire the convective plume from the heated plate containing practically no smoke at all creates a warm layer beneath the ceiling affecting later the penetration of the plume.

#### Experiments in a room with high ventilation

##### Test arrangement:

The scope of our second project was to study the applicability of different smoke detectors in a highly ventilated environment resembling a real computer room. More than seventy different smoke detectors were installed and their performance was studied using smouldering test fires. The test samples included both approved point type detectors (ionization and optical) and special detectors (beam, channel and sampling detectors), which cannot be tested with present EN 54-methods.

The test room (see Fig. 2) was modified as a computer suite. by adding a false floor, a large blower for air circulation and several discarded computer cabinets. A commercially manufactured false floor was installed at the height of 0.40 m from the real concrete floor. Cooling air was provided by a blower with maximum capacity of 7200

m<sup>3</sup>/h: at this rate all the air inside the test room was circulated 30 times/h. The intake of the blower was at the height of 2.0 m (a 0.40 m diam. tube) and the air was blown under the false floor, where it was evenly distributed. The false floor had ten openings with grills, through which the air re-entered the room. The vertical air velocity was measured inside the room above each opening, where it varied between 1.7 - 2.6 m/s. Below the floor both horizontal components of the velocity were 0 - 1.7 m/s, when measured in the vicinity of the openings.

The test samples included six different optical detectors (models A - F), six ionization detectors (models G - L), two sampling detectors (models M and N), three optical beam detectors (models O - Q) and two channel detectors (models R and S).

Point-type detectors were located in the test room according to the Figs. 7 and 8. Nine plates (0.60 x 0.60 m<sup>2</sup>) of chip board with four detectors on each were attached to the ceiling. These detectors were numbered 1 - 36. Under the false floor the detectors 37 - 51 were mounted on the bottom side of small (15 x 15 cm<sup>2</sup>) pieces of plywood, which were attached to the support tubes of the floor. Detectors 52 - 59 were mounted vertically on the walls at the height of 2.0 m. Finally, five detectors were installed inside the computer cabinets (60 - 64).

The special detectors are also shown in the Figs. 7 and 8. One sampling detector unit (model M) was located on top of the computer cabinet II (detector no. 73 in fig. 8). No pipe network was used in this application, because the area to be protected was relatively small. Two units of the other sampling detector (model N) were installed in the ceiling (no. 66) and under the false floor (no. 68), both connected to a 23 m-long PVC sampling pipe. The third unit of model N (no. 67) was placed on top of the computer cabinet I with a short sampling tube mounted through the cabinet cover.

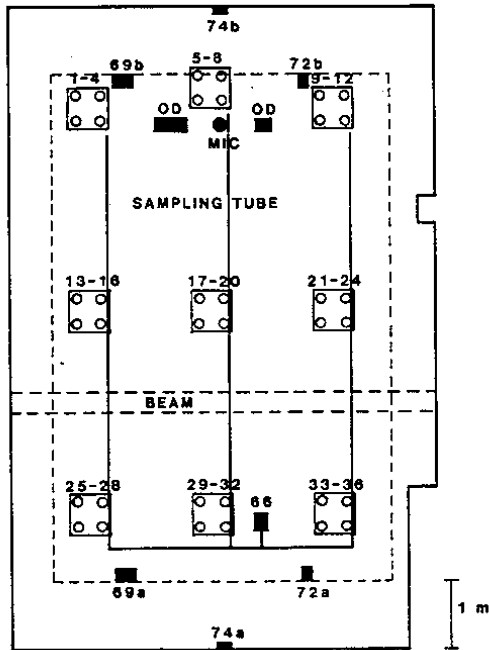


Fig. 7. The ceiling of the test room with point type detectors 1 - 36 (open circles), three point optical beam detectors (69, 72, 74) and a sampling detector (66) installed. The movable part of the ceiling and the obstacle (beam) are drawn by dashed lines.

The beam detectors model P (no. 69) and model Q (no. 72) were installed in the ceiling. The distance between the receiver and transmitter modules was 7 m and the light beam 20 cm below the ceiling in both cases. The modules of beam detector model O (no. 74) were installed on the end walls of the room 9.5 m apart. Channel detectors model S (nos. 70 and 71) and model R (no. 65) were installed inside the air intake tube of the blower.

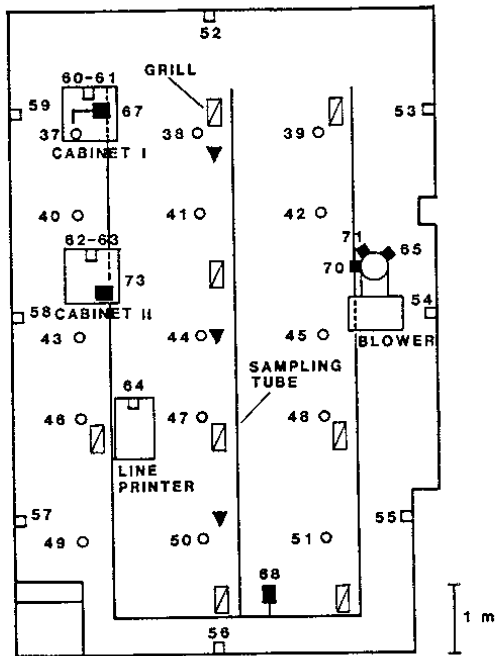


Fig. 8. The walls and false floor of the test room. Point-type detectors 37 - 51 (open circles) and one sampling detector (68) were installed below the floor, point-type detectors 52 - 59 (open squares) on the walls and rest of the detectors inside the equipment on the floor. The locations of test fires are marked by black triangles.

The same optical densitometer OD and the measuring ionization chamber MIC were used as in the part of the work described above.

Experimental results:

The performance of the detectors in a series of fire tests was determined by calculating an alarm percentage (AP) defined in Eq. (8) for each detector model.

$$AP = \frac{n(\text{alarm})}{n(\text{test}) \times n(\text{det})} \times 100 \quad (8)$$

The alarm percentage gives the number of alarms observed divided by the maximum number of alarms possible. During a series of tests AP = 100 % in case all the detectors give an alarm in every test. The scaling of results was necessary, because the number of detectors of each model varied between 3 - 7.

Tests with smouldering transformer coils :

The results presented here were obtained in 7 different fire tests in which the test coil was burning on the false floor (for exact locations, see Fig. 8). The smoke density parameters  $m$  and  $y$  of four tests are shown in Fig. 9 as a function of time. The average end-of-test values were  $m = 0.15$ ,  $y = 0.13$  and the ratio  $m/y = 1.2 \pm 0.4$ , which is a very typical value for any smouldering fire. The burning time of the coils in these tests was 15-35 min.

The most sensitive sampling detectors responded, when the smoke was just barely visible. In Fig. 9 this corresponds to the point, where the curves just deviate from the baseline. When the test was continued, a majority of optical detectors and a few ionization detectors responded. Fig. 10 shows the alarm percentages for each detector model in the smouldering coil fire tests.



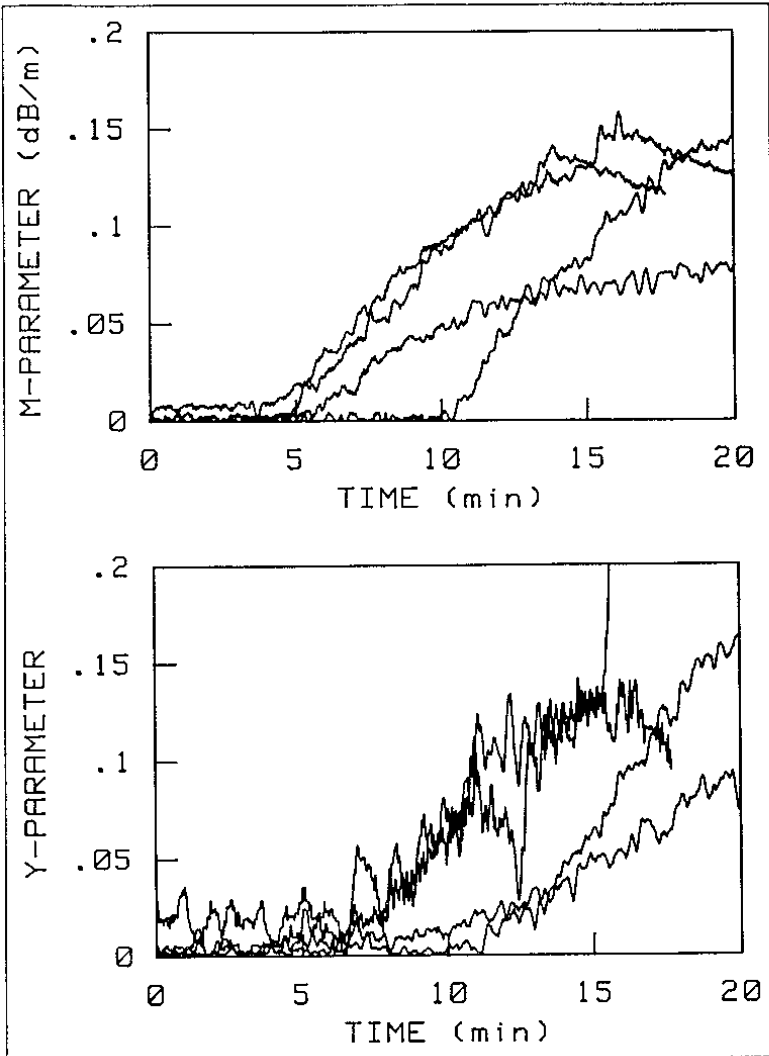


Fig. 9. The smoke parameters  $m$  and  $y$  measured in the tests with smouldering transformer coil.

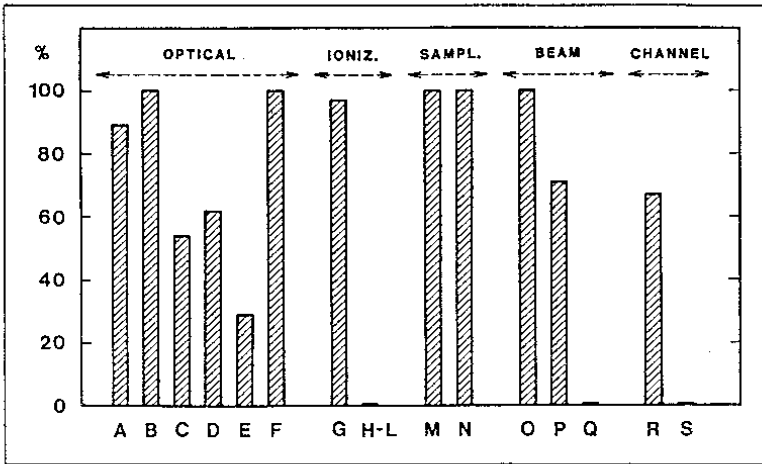


Fig. 10. The alarm percentages (AP-values) for all detector models in the fire tests with smouldering transformer coil.

Tests with smouldering electrical cables :

Three types of electric cable were available for these tests: PVC-insulated power cable ( $3 \times 1.5 \text{ mm}^2$ ), halogen-free power cable ( $3 \times 1.5 \text{ mm}^2$ ) and halogen-free shielded instrumentation cable ( $8 \times 2 \times 0.5 \text{ mm}^2$ ). The smoke density parameters of five tests are shown in Fig. 11. The maximum values were  $m = 0.1 \text{ dB/m}$  and  $y = 0.2$ .

The optical (models A, B, C and D) and ionization point-type detectors (model G) were installed in the ceiling of the test room. When compared to the previous results, most detectors with moderate sensitivity did not alarm. The alarm percentages between 0 - 70 % were measured for model A and 30 - 100 % for model B. Only one model of sampling detectors (N) was installed: all three units performed well with AP-values between 80 - 100%.

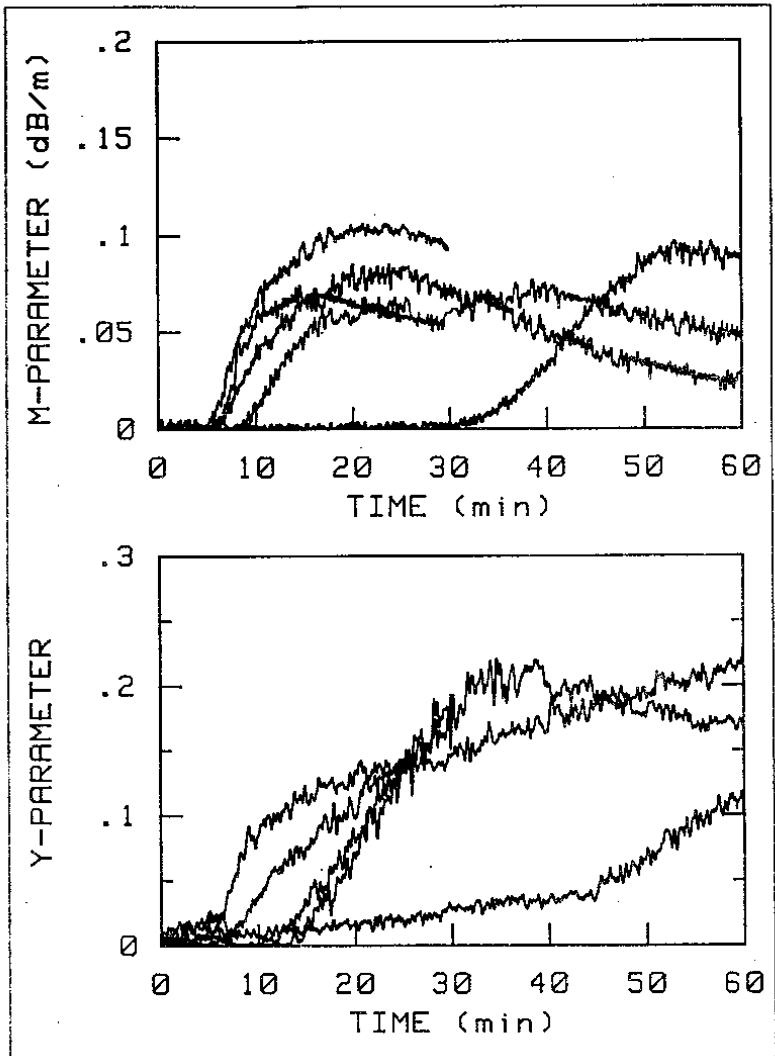


Fig. 11. The smoke parameters  $m$  and  $y$  measured in the tests with smoldering electrical cables.

The overall performance of the detectors:

The high rate of ventilation typical to most computer suites spreads the smoke very effectively to all parts of the room and the formation of smoke clouds or layers is not possible. In the test room smoke density reached an equilibrium value in 2 - 3 minutes after the smoke generation had stopped. The general conclusion drawn from all the experiments is, that the detector placing is not very critical, because all the detectors finally see an equal amount of smoke in spite of the location. Detectors with adequate sensitivity operated satisfactorily everywhere in the room, while some of the test samples did not alarm no matter how they were installed.

The test results clearly indicated, that also in computer room applications optical point-type detectors are generally superior to ionization detectors in the case of any smouldering fire. Although the ionization detectors have passed both smouldering fire tests in the EN 54-9 standard /5/, the requirement here is only class C sensitivity. The corresponding optical smoke density parameter is  $m = 2$  dB/m, which is 5 - 10 times larger than the highest values observed in our test room. The smoke densities comparable to those in EN 54-9 tests are typical in situations, when air in the room is stationary, all the combustion products reach the ceiling and a thick layer of smoke is formed. In highly ventilated rooms much higher sensitivity is needed and therefore only detectors with class A sensitivity ( $m < 0.5$  dB/m) can be recommended. The sensitivity requirement should be met at least in the two smouldering fire tests TF2 and TF3.

#### Acknowledgement

The work has been financed by the Ministry of Interior, the Association of Finnish Insurance Companies and Industrial Mutual Insurance. The detectors for the work have been provided free of charge by various companies.

## References

1. Heskestad, G., Fire detection research, talk given at BRANDFORSK, Stockholm, Sweden, March 3, 1986.
2. Newman, J. S., Prediction of fire detector response, Fire Safety Journal, 12(1987), pp. 205 - 211.
3. Lee, T. G. K. and Mulholland, G., Physical properties of smoke pertinent to smoke detector technology, NBSIR 77-1312, National Bureau of Standards, Washington D.C., Nov. 1977.
4. Helsper, C. and Fissan, H. J., Particle number distributions of aerosols from test fires, Journal of Aerosol Science, 11(1980), pp. 439-446.
5. EN 54-9: 1982 E, Components of automatic fire detection systems, Part 9. Fire sensitivity test. European Committee for Standardization, Brussels 1982, 10 p.
6. Holmstedt, G., Magnusson, S.E., and Thomas, P.H., Detector environment and detector response - a survey, Report LUTVDG/ (TVBB-3039), Lund University, Institute of Science and Technology, Department of Fire Safety Engineering, Lund 1987, 77 p.
7. Ahonen, A. and Sysiö, P., A run-in test series of a smoke test room. Tests according to the proposal prEN 54-9. 1983. 33 p.
8. Heskestad, G., Engineering relations for fire plumes, Fire Safety J., 7(1984), pp. 25-32.
9. Hotta, H., Oka, Y., and Sugawa, O., Interaction between hot layer and updraft from a smouldering fire source - part I: an experimental approach. Fire Science & Technology, 7(1987)2, pp. 17-25.
10. Ahola, H., The performance of smoke detectors in computer rooms, VTT Research Reports, to be published.



Derek O. Oram  
Daniel J. Rodrigues  
Simplex Time Recorder Company  
Gardner, MA 01441, U.S.A.

## DESIGN OF SOFTWARE-BASED FIRE ALARM SYSTEMS

### 1. Introduction

For many years microprocessors have been used in the design of fire detection equipment. Initially, microprocessors were used to provide most of the functionality in software previously performed by hardware. Emulating hardware functionality in software provides many benefits: less wiring; changes are more easily made; reduced number of components; reduced size; and the elimination of diode and relays to perform logic. The result is that the system costs less for a given functionality.

In the latest fire detection equipment, such as the Simplex 4100 system, software is now being applied to expand functionality beyond that which was possible or practical earlier, for benefit of the owner, building occupants and the servicemen maintaining the equipment.

Along with the benefits of added functionality comes the burden of responsibility to maintain reliability and performance of a software-based fire detection system. The manufacturers must develop methods of programming site-specific requirements, and be able to test these in the factory or at the site. New methods for testing hardware and software is needed. Servicemen need to manage on-site changes of the system and must learn how to diagnose and repair a new generation of computer based hardware such that the integrity of the system is maintained. End users have to

learn to use a new generation of fire detection equipment, which must be more user friendly to fully utilize the added capabilities.

## 2. New Functionality Through Software

There are many functions that are now being done by software that were either impossible or impractical to do in hardware. Because these features are possible with negligible impact on cost, they will become the norm rather than the exception, thus raising the standards of fire detection systems overall.

The following are examples that provide benefits to the end user:

- More timing and "anding" functions can be used to eliminate false alarms through alarm confirmation, presignal and cross-zoning techniques.
- Digitized voice messages, stored in solid state memory, provide better human communication by giving specific audio evacuation messages to a specified area. "All Clear" and "Unverified Alarm" messages can be transmitted to minimize panic and maintain credibility of the fire alarm system.
- Historical logs stored in non-volatile memory can keep a permanent record of when alarms and fault conditions occurred. Displays can be used to review alarms in their order of occurrence with actual time tags to Second resolution.
- Annunciators and other reporting devices such as CRT's and printers can be easily connected by serial data lines and routed to specific locations. Reporting of



troubles and faults, therefore, can be prevented from interfering with alarm annunciation.

- An intelligent system reset function can verify all alarms are cleared, before initiating the control reset, thus preventing undesired cycling of large motors and resounding of evacuation signals.
- Periodic trouble reminder can alert the user that a fault condition has not been corrected. This prevents a fault from going unnoticed for a long period of time.
- The system clock can be synchronized to a network controller to guarantee that all systems have the proper time.
- Sophisticated smoke control algorithms for pressurization and exhaust of gases can be selectively provided to the area of the fire.
- Addressable devices provide pinpoint location of alarm with minimum wiring cost.
- Built in checks to provide a maintenance alert when analog detectors require cleaning. A compensation algorithm can be applied to guarantee a constant sensitivity level.
- The life of battery standby can be extended by dynamically enabling amplifiers on alarm only or when otherwise needed.
- Switches used for manual control can be supervised for being left in a state where the programmed functionality is overridden.

### 3. Software Benefits to the End User

A software-based fire detection system must use different forms of operator interfaces to take full advantage of the added functionality provided.

However, the controls must be self-explanatory and simple to use, by the owner and by Fire Department personnel. One method is to provide a control panel for the emergency operation and an expanded panel for service people that is exposed by a hinged panel. See Figures 1a and 1b.

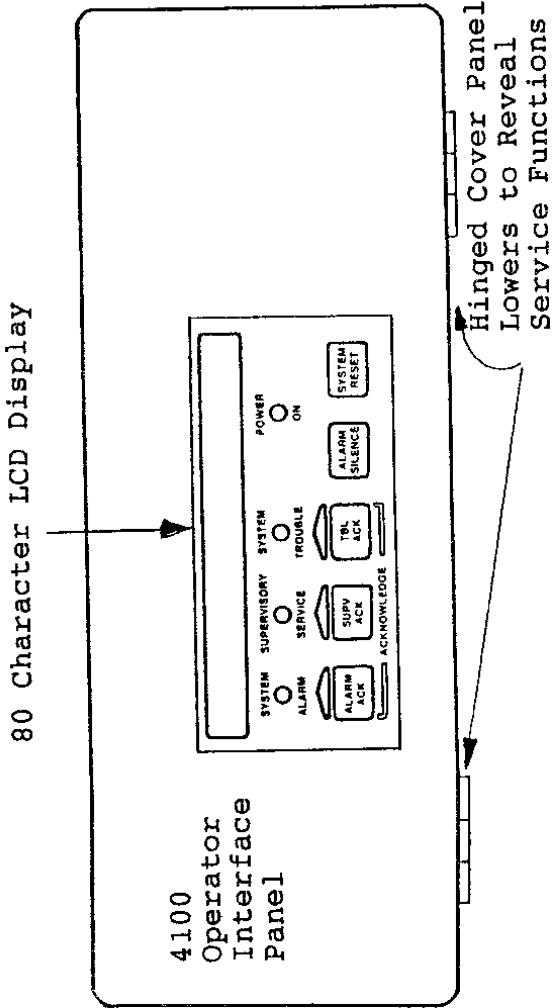


Figure 1a - User Accessible Control Panel

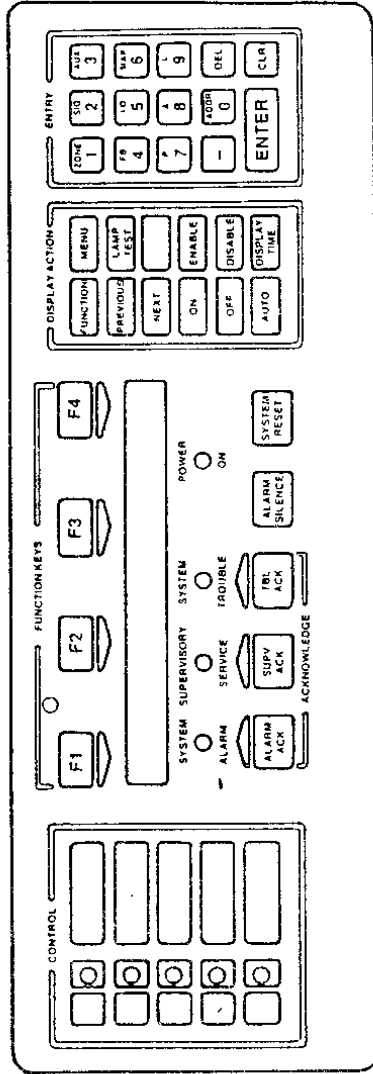


Figure 1b - Service Operators Panel

Traditional discrete annunciation, consisting of LED's or lamps with printed labels, are replaced by alpha-numeric forms of displays (e.g., LCD, Segmented LED, plasma, CRT). Examples of displays from an LCD annunciator are shown in Figures 2a, 2b and 2c.

```
FIRST FLOOR EAST WING
SMOKE DETECTOR                ALARM
```

Figure 2a - LCD Panel display showing alarm when initiated

```
FIRST FLOOR EAST WING
ALARM AT 08:42:15 MON 10-DEC-89
```

Figure 2b - LCD Panel display showing time and date of alarm

```
FIRST FLOOR EAST WING
SMOKE DETECTOR                OPEN CKT TROUBLE
```

Figure 2c - LCD Panel display showing specific service information

Printers become more important as systems produce more information.

Additional information displayed must be easily understood by the user. For example, with smart (analog) smoke detectors, the current smoke and sensitivity level can be represented in many different formats. A smoke level displayed as percent-smoke or percent-alarm is much more meaningful than a raw value from an analog-to-digital converter.

#### 4. Software-Based Systems Improve Serviceability

The power of software allows for the addition of many features that assist in the installation and subsequent servicing of fire alarm detection equipment. Some of these are listed below.

- Temporary changes to functionality can be made to ease servicing without permanently changing system operation (e.g., Reduced timer values, bypass display timeouts, force printing)
- Walktest (one man test) to provide thorough initial and periodic testing of smoke detectors with reduced manpower.
- Using digitized voice output, spoken walktest can further enhance system test, or silent walktest can be performed with built-in historical log.
- Built-in RAM trouble log for hard-to-find momentary fault conditions.
- Chronological logging, with time tag to the Second, to recreate alarm/trouble scenario.
- Intelligent enable sequence that guards against false alarms when placing a monitor zone back into service after being disabled for replacement or repair.
- Displayable software revision (EXEC and CFG), as installed.
- Monitor and control points can be disabled, enabled or manually controlled at zero incremental cost.

- The program can be downloaded to RAM to test changes, before finally committing to PROM.

Software-based systems can also provide a special service mode, protected by a security pass code, to allow other diagnostic and service functions not accessible to the common user.

##### 5. Development of a Software-Based Fire Alarm System

Manufacturers have turned to software-based systems in designs to reduce equipment (manufactured) cost. Initially, equipment cost was reduced by replacing significant amounts of hardware with a microprocessor and memory. As a system expands, only the hardware needed to provide input/output (I/O) to and from the controlling computer is added.

As more functionality is provided by software, more software (programs) are written until the computing power and memory capacity of the equipment is exceeded. At this point, the equipment cost has been minimized and the equipment fully utilized. Adding additional functionality beyond this point results in increased equipment cost, necessitating a more powerful microprocessor (CPU) or more memory. (See Figure 3)

Memory consumption is further compounded by the use of high level languages and purchased software used by software designers in an attempt to reduce development cost.

Equipment cost may also increase in a software-based system as concerns for reliability result in the use of more distributed systems and multiple CPUs.

Nevertheless, the cost/benefit ratio in a software-based system is still declining.

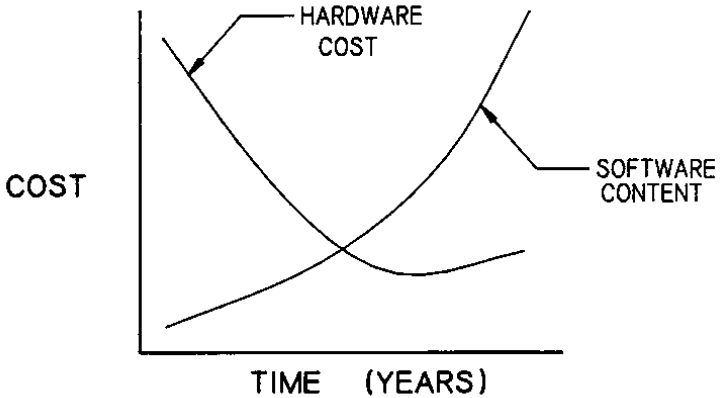


Figure 3 -Growth of Software content VS. Hardware cost

However, the reduction in manufactured equipment cost is offset by an increase in software development cost.

Proper management of site-specific programming is crucial to the successful support of software-based fire detection equipment. An important requirement for this is the separation of the site-specific programming from the operating (executive) software.



The executive software is common to all systems and is developed once. The application (site-specific) programming is executed for each customer order, and therefore must be as user friendly as possible. The linkage between the executive software and site-specific programming is minimized to allow for separate methods of development (see Figure 4).

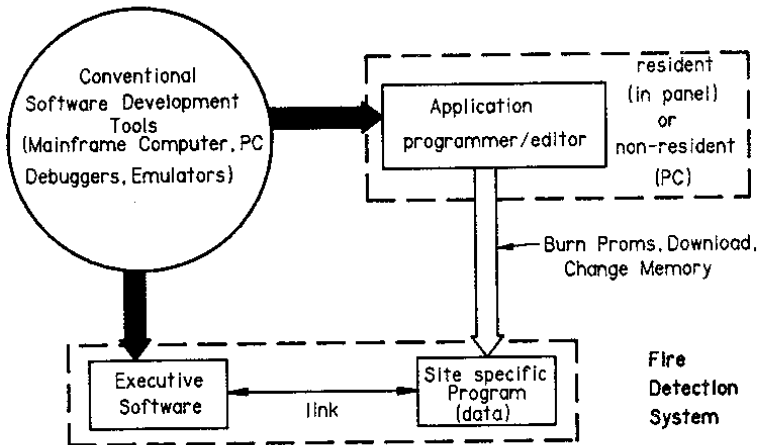


Figure 4 - Software development of Fire Detective Equipments

## 6. Software Development

The executive software is developed to be independent of site-specific configuration. The site-specific program is in fact only data which is interpreted by the executive software. This allows for the easy development of other software tools to generate and change this data. Also, integrity checks are much more easily built into a data/interpreter system than if a program, written in the native programming language of the microprocessor, were used. System performance (response time), however, can be slowed somewhat in this approach.

Zone descriptor strings (labels) for user display and prompts are stored in a special area of memory for easy support of foreign languages, displayed or printed by the system.

### 6.1 Design of Executive Software

Executive software is developed using conventional programming languages and development tools. High level languages are used to minimize development cost, encourage modularity and enhance maintainability.

A real time multi-tasking operation system allows for separate tasks (processes) to run as if physically separate computers exist. This allows for easy allocation of computer resources (e.g., input/output buffers and devices), especially when different data flows exist in the same system (i.e, CRTs and printers). See Figure 5.

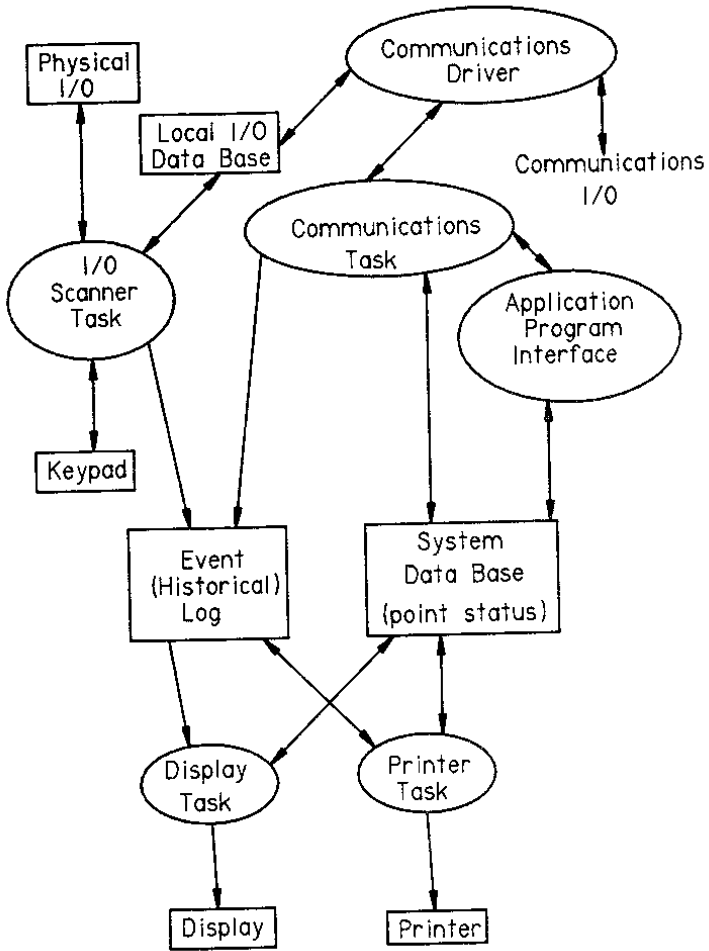


Figure 5 - Software Tasks with Data Flow

Typically, separate tasks are used for performing I/O functions, communications, control as defined by the site-specific program, and printer and CRT handling.

As in any multi-tasking system, it is important to guard against one task trying to read a data base while another task is writing to it. These areas of memory are known as "critical regions". One way to protect these areas is to use software semaphores. A semaphore requires a software task to "request" access to a data base before accessing it. If the data base is currently being accessed (locked) by another task, the requester must wait (suspended) until the semaphore is freed by the owner. This is consistent with the proposed EN54 standard as a measure to prevent corrupted data and system dead-lock.

## 6.2 Design of Application, Site-specific Software

The site-specific software is generated by an application program editor that may be resident within the control unit or non-resident in a separate stand-alone programming unit.

### 6.2.1 Resident Programming

A resident version has the advantage of convenience and lower cost (doesn't need an external programmer), however, its capability is limited by the resources of the system. Ultimately, resident programming may result in increased product cost of the system to support it. For example, a control panel may need a keypad for programming. This unnecessarily adds cost and may make the user interface appear more complex.

Using the control unit as the programmer may result in a programming method which is harder to use and does not

contain an appropriate level of error checking.

A resident programmer also requires limiting access to those authorized or trained to make changes.

### 6.2.2 Non-resident Programming

A programming tool that is distinct from the control unit has several advantages.

- It simplifies the software design of the control unit. No impact on control unit appearance and operation; little impact on control unit cost. This is especially important for smaller systems which must remain low in cost.
- Allows for parallel software development of the executive and application software
- Can run on commercially available computer equipment (such as a personal computer). No hardware development is required.
- Can make use of languages and existing software packages that are not otherwise practical in the control unit.
- Can be made extremely user friendly by using state-of-the-art Man/Machine Interface (MMI) concepts (e.g., menu driven, windows, help). See "Figure 6" for an example of a menu driven interface.
- Allows for same computer to be used on different products offered by a manufacturer, which reduces training and increases productivity.

- Allows for using the same tools both by manufacturer prior to shipment and by service personnel. This saves on separate software development and related training.
- Allows for off-site programming by field personnel if desired. At times, the job site may be an undesirable place to make programming changes: The building may not be completed; there may be no power. A separate programming tool can be used elsewhere and the final program installed when the system is finally activated.

SYSTEMS OPERATION MENU			
Utilities	Configuration	Operations	Custom Ctrl
Report Gen	Job Builder	Program Download	
Alarm Silence Inhibit....NO		STANDARD SYSTEM OPERATIONS	
Time Limit Signal Control.NO		EXPANDED SYSTEM OPERATIONS	
System Trouble Reminder...YES		ACCESS LEVELS	
De	SYSTEM TROUBLE REMINDER		
Sp	Time between tones (hrs:mins) - 8 : 0		
Al			
In	Duration of tone (secs) - 5		
El			
No			
Non-Steady Visual	Evac Sig.	NO	
..... H E L P .....			
Type_in desired values as requested and hit <ENTER>			
<ESC> to quit, [F10] to save			
Job: MT. AUBURN HOSPITAL, Filename: 906001A, Rev: 1			

Figure 6 - Menu driven programming method using "WINDOWS"

### 6.3 Software Documentation and Revision Control

As with any software development project, it is important for the software designer to maintain accurate and complete documentation. For a software system, this should include an software system architecture specification and module level documentation (commenting). This requirement is endorsed as part of EN54 part 2.

The software system architecture describes the overall system control flow and data base structure. It describes how the different modules (tasks and procedures) interact.

Module level documentation consists of two parts, a module header and one or more procedure headers. In this paper a module refers to one disk file containing one or more related procedures (programs) and/or data definitions.

The module header (See Figure 7a) describes the purpose of the module, the associated product name/id, the author/designer, and revision history.

A procedure header (See Figure 7b) describes the purpose of the procedure, the input parameters, and the resulting outputs.

TIMEDATE            MODULE

```
MODULE NAME:            TIMEDATE
DESCRIPTION:
This module contains the routines that handle the
editing updating, and displaying the time and date.  The
time can be displayed in either 12 or 24 hour mode,
selectable from the option flags in CFG memory.
PRODUCT:                4100 Master Controller
AUTHOR/DESIGNER:        R.P. Bonneau
REVISION HISTORY:      REVISION DESCRIPTION:
REV 0.01                    Initial Version
02-JAN-87
R BONNEAU
REV 0.04                    Added Analog Pseudo Point Support
24-JAN-88
R BONNEAU
```

Figure 7a - Sample module header

```
PROCEDURE:            Display Time
DESCRIPTION:
This procedure moves the cursor to the time and date LCD
location and displays the time and date stored at the
passed in the AX register.
INPUT:
AX - Address of ASCII Time/Date Buffer
OUTPUT:
Time and Date Displayed on LCD
NOTES:
All Registers Preserved
```

Figure 7b - Sample procedure header



## 7. Insuring System Integrity

The integrity of a software-based fire detection system is dependant on the reliability of the hardware used in the equipment design and more importantly, the design of the software involved. Since the software in a fire detection system exists in two parts, executive software and site-specific software, software integrity, therefore, must also be addressed from two fronts.

### 7.1 Integrity of Executive and Programmer Software

The integrity of the executive (operating system) and programmer software (resident or non-resident) is the responsibility of the equipment manufacturer. Integrity of this software is ensured by using good software development principles that show a high concern for structure (modularity) and maintenance. The elements of good software development already discussed are:

- The separation of executive software and site-specific program (data) that allows for tighter range checking.
- The use of high-level programming languages wherever possible to reduce development time and bugs.
- The use of a multi-tasking operating system to provide structured support for multiple asynchronous tasks.
- The use of semaphores to guard against corrupted data.
- Complete and accurate design and as-programmed documentation.
- Close revision control and tracking.

In addition, the following measures can and should be used to further improve the integrity of the operating system and guard against the unexpected.

- Hardware and software "watchdogs" that are independent of the rest of system and designed to restart the system in the event of a "run-away" program.
- Run-time checks should exist to check for RAM and PROM memory failures, stack overflow, and writes to read-only areas.
- Use CRC's (Cyclic Redundancy Codes) rather than checksums in the design of data communication protocols.
- A "fatal error" detection and display scheme should be incorporated in to the system, such that the system is restarted and an error (crash) code displayed. This is a safeguard, similar to a watchdog, that will help prevent run-away programs, and is especially helpful during the software development stage to help focus debugging efforts to the area where the problem first occurred. (Analogous to restricting the water damage of a roof leak, to the area of the hole, rather than allowing it to flow down a rafter to another part of the house.)
- Use simulators and real-time emulators to thoroughly test software modules independently, with the full range of parameters, before integrating with the rest of the system.

- Design with maintenance and future enhancement in mind: One, use variables rather than hard numbers, where possible, to facilitate centralized changes at a later time. Two, use a data base "manager" in the software to provide structured access of stored data. Three, hide the hardware-to-software mapping of the system to be less vulnerable to hardware changes and be more "portable" to different hardware platforms (environments).

## 7.2 Integrity of the Site-specific Program

Once the integrity of the operating system and programmer software is ensured, as discussed above, the integrity of the system becomes synonymous with the integrity of the site-specific program. Unlike the software discussed above, however, the integrity of site-specific programming is the joint responsibility of the manufacturer and whoever is allowed to make changes to the system.

Integrity of the site-specific program can be ensured by using only trained and authorized personnel in making all program changes and through the use of an application programmer/editor, provided by the manufacturer, that exhibits the user friendliness and high-level application programming capabilities discussed earlier. With a software-based fire detection system, it is important to provide a programming scheme that is based on expertise in fire detection systems and not expertise in computer programming.

### 7.3 Integrity of the System In Use

The integrity of a fire detection system, once installed, is also dependant on the ability it has to guard against unauthorized and improper use. To this end, a software-based fire detection system can and should possess the following features:

- The ability to display the software revision of both the executive and site-specific programs so that obsolete software and unauthorized changes are easily detected.
- The system should utilize multiple access levels to guard against unauthorized use. For systems containing resident programming, this is also used to prevent unauthorized changes of the site-specific program.
- The system should produce a latching trouble for any service function that disables the proper operation of the system. This trouble can only be cleared when the system is returned to its normal operating state.
- Configuration checks to catch accidental board swapping.
- Software filtering to prevent transient errors and minimize false alarms, thus improving overall credibility in the system.

### 8. Improving System Reliability

Reliability suffers when too much functionality is contained in one component of the system such as a microprocessor thus making it more susceptible to a single point failure. This is typical of any computer based system whose functionality is based in software.

One way to alleviate this is through the judicious use of distributed processing and good hardware design. Distributed processing by multiple computers in one system have the ability to look for failure and act on their own to provide backup "local mode" operation. The microprocessor allows this to be used cost effectively even in the smallest of systems. (See Figure 8.)

The method of interconnection between processors is an issue. One method is to use a serial bus communication channel. Serial, asynchronous data flow vs. parallel bus, allows for easier debugging and flexibility for geographic distribution (multiplexing). A hardwired "alarm" bus can be provided in parallel with the communications channel to provide a backup interconnection method.

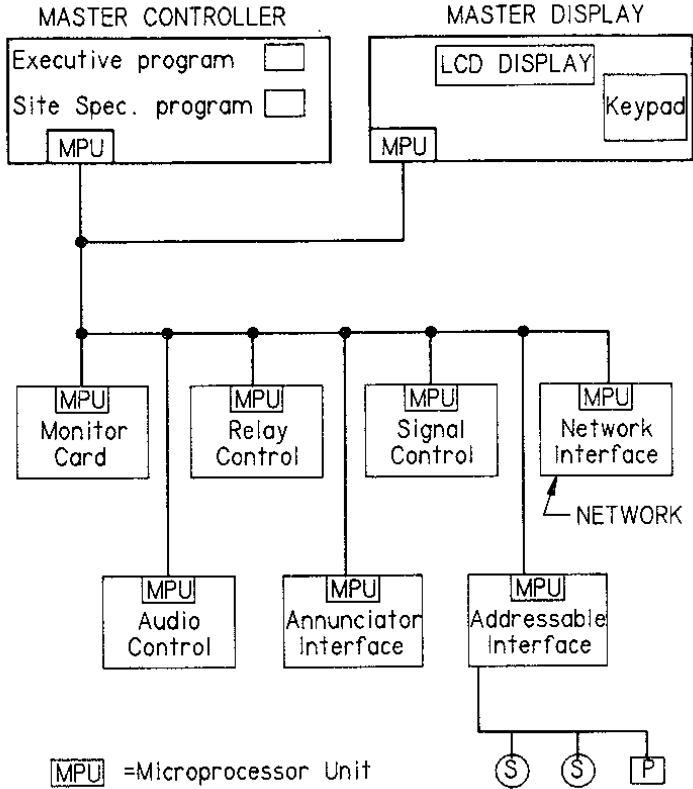


Figure 8 - Distributed Fire Alarm System

## 9. Conclusion/Summary

There is virtually no limit to what functionality can be provided in software-based fire detection systems. Further, the functionality can be increased with lesser effects on cost than in an equivalent discrete hardware system.

The manufacturer must separate the executive control software from the application specific software. Adequate tools must be developed to provide the site-specific programming. Good software development techniques is paramount in a fire detection product because of its importance to life safety. Adequate test, documentation and revision control of software is vital.

The serviceman is provided with improved diagnostic tools for use in field installations. However, the software change capability he has must be controlled such that the integrity of the system is unaffected.

The user benefits from more human intelligent readouts and audio evacuation signals. More tools are provided to maintain system integrity at a high level.

Finally, system reliability can be improved by using distributed processing. Redundant CPU's can provide fail-safe operation.





D. Appleby, S.H. Eliwood  
Gent Limited, Leicester, England

A FIRE DETECTION SYSTEM USING DISTRIBUTED PROCESSING.

**Introduction**

This paper describes an advanced analogue addressable fire detection and alarm system in which extensive use is made of distributed processing. A simple analysis of the availability and reliability of this system as compared with a typical modern system using conventional technology, is presented.

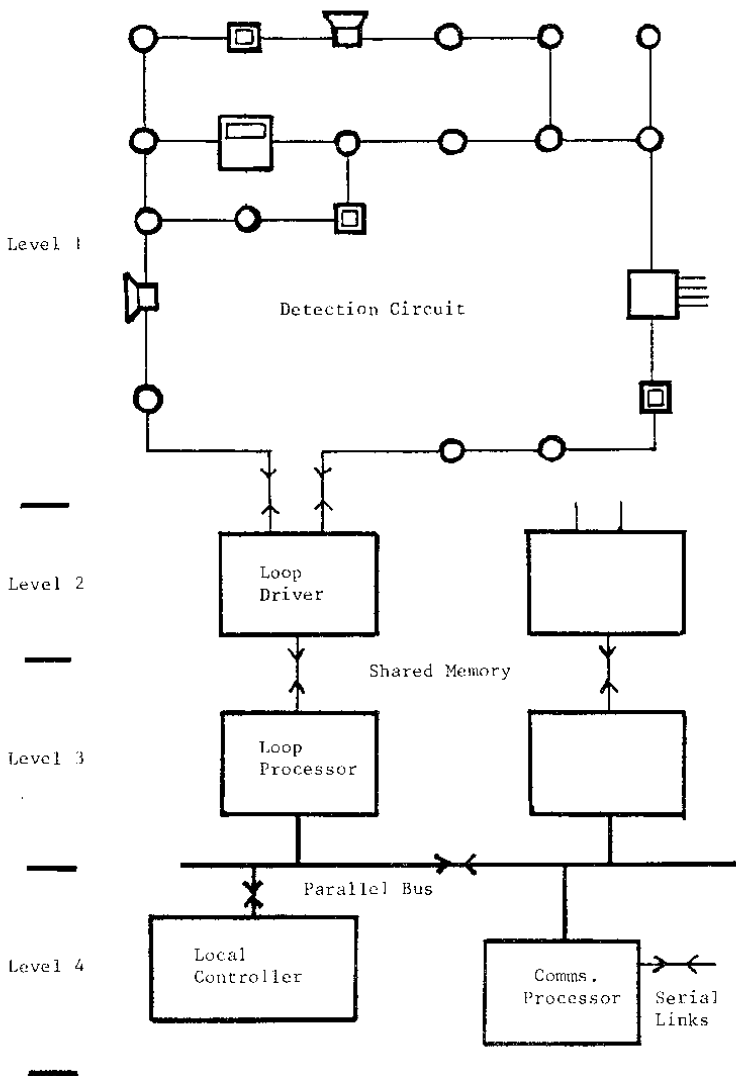
The advanced system described is commercially available in the U.K. with over 200 installations now running, ranging in size from approximately 100 to 1000 fire detectors. Three years operating experience has been gained from the oldest sites.

**System Architecture**

The main detection circuits (Fig 1.) are configured as loops. Sub-loops and spurs can also be employed. These carry not only the fire detectors, but most other devices, including manual call points, electronic sounders, alphanumeric and mapped distributed displays and control interfaces. The loop ensures that communication is not lost to any device in event of an open circuit fault. Both circuit cores are continuity monitored to guarantee that open circuit faults are revealed.

The loop connected devices are the lowest level of heirarchy, (level 1) in the distributed processing. Each contains an 8-bit microcomputer, which performs communications, analogue processing and control functions. It detects short circuits and controls an isolator. By mutual co-operation all the devices on the loop contribute to the isolation of a short circuit, within less than 1 second, with no loss of loop connected functions.

Fig.1 System Architecture



Each loop is controlled by a microcomputer, through drivers at each end. This microcomputer, the loop driver, represents processing level 2. The loop driver interlaces power transmission and communications with the loop devices. It is dedicated to the task of efficiently managing the communications, error correction, and monitoring the loop and device integrity.

The loop processors reside at level 3. These are multitasking and carry out many control and monitoring functions, including the processing of analogue signals from the fire detectors.

The decision logic, display control and overall monitoring of the local system resides with the local controller at level 4. Communications to higher levels in the hierarchy, are possible via other dedicated communications processors for distributed networks.

An 8-bit protocol is employed on the loop, each 10 msec slot containing an address, command and reply word. The protocol is specifically tailored for rapid response and minimum mean current consumption of the detection circuit. Features include the parallel polling of devices, fast event search using the successive approximation of addresses, and full duplex ASCII communications.

The overall system uses a unified data protocol, of which the loop protocol is a subset. All significant messages between processors employ this protocol. The protocol is transferred in different formats, depending on whether communication is via shared memory or serial links. Many advanced features are incorporated to enhance speed, security and flexibility.

The use of many parallel processors permits a combination of rapid response and sophisticated processing. This permits not only the analogue signal processing, but also the ability to use one standard issue of software for all applications. The grouping and labelling of devices, and complicated detection and reaction strategies can all be flexibly programmed on site.

This standardisation and the division into clearly specified processing tasks, linked by a clearly specified protocol, has permitted high levels of software reliability to be achieved.

### **Analogue Signal Processing**

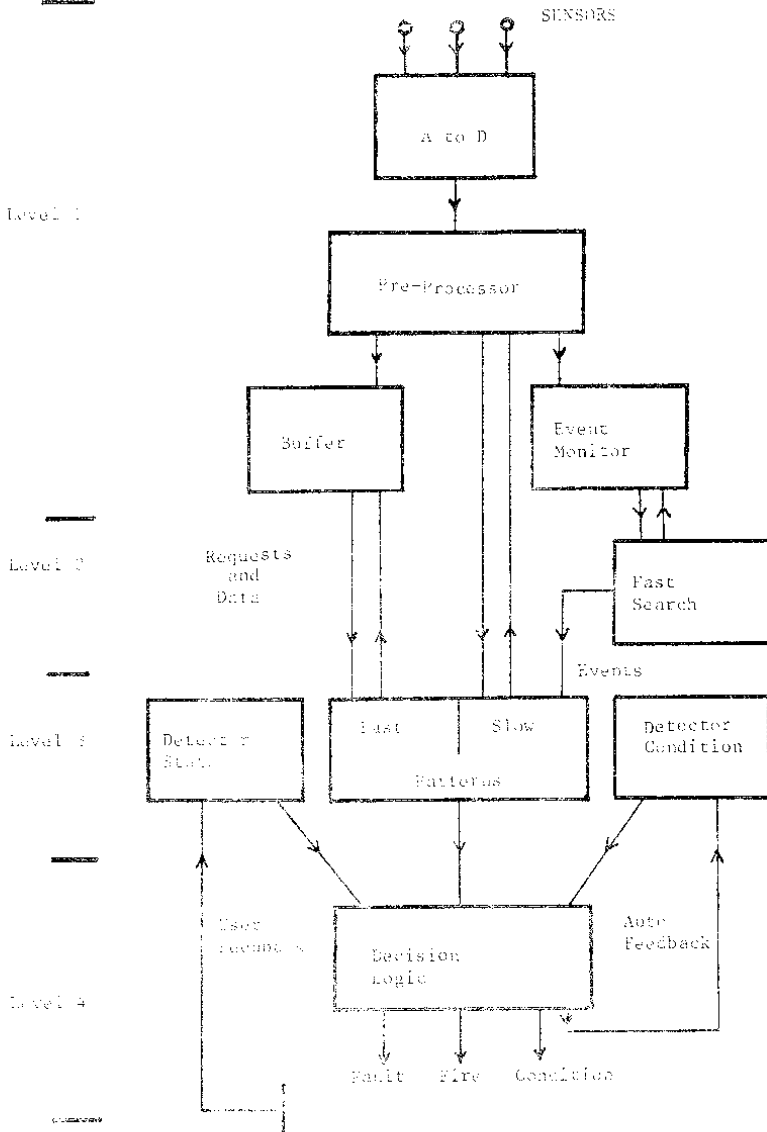
Each processing stage is designed to maximise the execution speed and memory efficiency, and progressively to minimise the quantity of information presented to each higher level in the hierarchy. The risk of overloading from many simultaneous events is therefore minimised. Although the loop transmission and processing capacity place a theoretical limit, in practice careful fail-safe structuring of the algorithms ensures an elastic limit, new events simply being delayed rather than lost. The processing strategy permits many different sensor types to be handled and could be applicable in other fields where multi-state logical outcomes are generated from analogue data.

Fig. 2. shows the simplified structure. The detector microcomputer monitors each sensor through a multichannel A to D convertor, at frequencies dependant on the detector type (e.g. up to 50 conversions/sec for an infra-red flame detector). Analogue levels transmitted by detectors are either raw A-D readings or the result of pre-processing. Readings are periodically demanded by the loop processor and used for slow (background) pattern processing. In addition, the detector microcomputer monitors for a significant rate of change. If this is detected, an event is flagged and found by the loop driver within 500 ms. The request for service is passed to the loop processor which allocates processing, if available, and commands results from a buffer within the detector. Fast (foreground) pattern processing is performed on these results.

The patterns are functions which return a logical true or false. A simple example for a constant and rate of change detector might be :-

```
If x + k1*dx/dt > k2 Then true
```

Fig. 2 Analogue Signal Processing



Patterns are unique to different sensor types, but fall into a similar structure of foreground and background sets. Within each of these, patterns exist to detect characteristic signal shapes which can be used to detect fires or faults.

When any pattern changes state, a full information package is passed to the decision logic in the local controller. These include pattern outcomes as related sensors, and two other important attributes, the current detector state and its condition. The decision logic is an interpreted rule-based system. Combinations of pattern outcomes, states and conditions produce logical outcomes such as fire and fault diagnosis. These outcomes are either the detector condition stored in the loop processor.

The design of sensor state and condition is important. States are the control of the detection performance, appropriate to the application and can only be configured by an authorized person. One state are attributes of the individual detector, such as its cleanliness or its location, which are shared. Some the user feedback loop is used to adjust the state, and the automatic feedback loop to adjust the alarm level can be used to provide an optimum balance between the false alarm rate, performance and the false alarm rate. States can be designed to allow a number of laws and time to achieve some flexibility.

#### Comparison of the Logic Element of the Advanced System with the Conventional System.

Reliability of fire alarm systems has two major aspects. One is the probability that the system will provide a correct response to an alarm condition. For comparison purposes this can be considered to be equivalent to availability. The other is the rate of false or unwanted alarms. It should be noted that some failures can, confuse the two. In some conventional systems some circuits or hardware can be manually tested or fixed. Also in some analogue systems, some faults are undetected as results. The algorithmic structure of the advanced system is designed to prevent this.

Availability is defined as the probability that the system will be available to carry out its required function, i.e. respond to an alarm. In an ideal system it will be unity. There are 3 main aspects in which revealed or unrevealed faults may render an automatic fire detection system unavailable: the control panel, the detection circuits and the detectors themselves. Since any detector in the system could detect a fire, all of these aspects are assumed to be of equal importance, although it can be argued that in an installation with good detection coverage, detectors adjacent to the faulty unit may detect a fire before it reaches a dangerous size.

In the following analysis all numbers are expressed in terms of unavailability (1 - availability) averaged over a significant period e.g. 1 year. Consistent assumptions are used for the mean repair times for revealed faults, and detection and repair times for unrevealed faults.

Revealed faults (all types) :	24 hours.
Unrevealed faults (by routine tests) :	Control Panels 1 week
	Detectors 6 months

#### **Control Panel Unavailability.**

Comparison between system types is difficult due to a sparsity of data and an estimate is presented here only for completeness. Both types are susceptible to electronics, software and power failures. For large control panels the advanced system is typically less complicated electronically but much more so in software (typically one order of magnitude). This results in a higher potential for revealed faults. However, alarm paths are better monitored, reducing the likelihood of unrevealed faults. The incidence of mains failure leading to unavailability is low in the U.K., although the correlation between fires and mains failures should not be ignored. An average of 8 hours per year is assumed.

	Conventional	Advanced
Revealed mains fail	0.001	0.001
other faults	0.001	0.002
Unrevealed	0.005	0.002

### Detection Circuit Unavailability

The only causes considered are open and short circuit faults in the cabling, although more subtle faults can be considered for the advanced systems. The same general assumption is used for both conventional and advanced, that each detector is connected to its neighbour by a unit of cable of constant length with 4 terminations (cable unit).

$a$  = probability of an open circuit fault in a cable unit in a 24 hour period

$b$  = probability of a short circuit fault.

$n$  = number of devices on the circuit.

$P_o$  = probability of detector unavailability due to open circuits,

$P_s$  = probability due to short circuits.

Note that since the mean repair period of revealed faults is defined as 24 hours  $P_o$  and  $P_s$  correspond to mean unavailability.



Fig. 3a. shows the zone circuit of a conventional system. A single fault is assumed.  $P_o$  can be estimated by placing the fault in successive cable units  $U_1, U_2$  etc along the zone.

$$P_o = an + a(n-1)..... etc.$$

This simplifies to :

$$P_o = an(n+1)/2$$

$P_s$  is the same summation of  $b$  for all cable units and detectors :

$$P_s = bn^2$$

Fig. 3b. shows the loop circuit of the advanced system. 2 faults must occur.  $P_o$  can be estimated by summing all possible combinations of a first fault in successive cable units,  $U_1, U_2$ , etc from end 1 and second faults in the open zones created from end 2 of lengths  $n, (n - 1)$ , etc.

$$P_o = \sum a^2x (x+1)/2 \text{ for } x = 1 \text{ to } n$$

This can be approximated to :

$$P_o = a^2 (n^3/6 + n^2/4)$$

$P_s$  is similar assuming that the availability of the short circuit isolators is unity :

$$P_s = b^2 (n^3/6 + n^2/4)$$

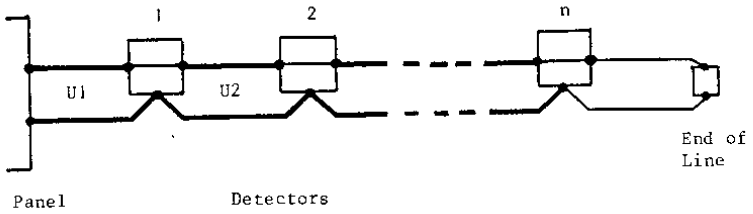
The incidence of open and short circuit faults depends on cabling practice and site useage. The following is assumed :

$$a = 1.10^{-5}$$

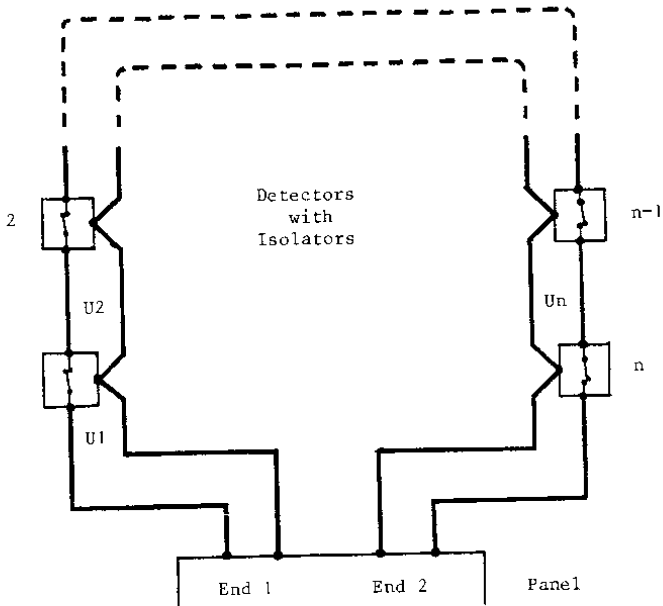
$$b = 3.10^{-6}$$

Fig.3 Detection Circuit Configurations for Availability Analysis

3a. Conventional System



3b. Advanced System



For the conventional system with  $n = 32$  this gives :

$$P_o = 0.005$$

$$P_s = 0.003$$

For the advanced system with  $n = 256$  :

$$P_o = .0003$$

$$P_s = .00003$$

In reality detector availability is most important if a real fire exists, when the risk of cable failure is much higher. This reinforces the argument for the advanced system, especially since the devices essential to evacuate the building can be wired on the protected loop.

#### **Detector Unavailability**

Detectors in conventional systems are not fault monitored. However, modern fire detectors from reputable manufacturers are remarkably reliable. A probability of 0.01 failures per year within the first 15 years is assumed.

The detectors of the advanced system are fully fault monitored giving unrevealed fault levels close to zero. Assuming a failure rate of 0.02 per year, because of the increased electronic sophistication, the fact that such faults are revealed results in much lower unavailability levels :

	Conventional	Advanced
Revealed	-	0.0001
Unrevealed	0.005	-

**Summary of Unavailability Analysis**

The maximum acceptable figures quoted are derived from revealed and unrevealed fault levels quoted by the U.K. Atomic Energy Authority Safety and Reliability Directorate.

	Maximum Acceptable	Conventional	Advanced
Control Panel	0.004	0.007	0.005
Detection Circuit	-	0.008	0.0003
Detectors	0.010	0.005	0.0001
	-----	-----	-----
Total	0.014	0.020	0.005

**False Alarm Rate**

Data on the false alarm rate of detectors is available which indicates a mean unreliability level for conventional detectors of approximately 0.04 per year (ref 1, ref 2). In order to provide an estimate of the performance of most recently installed systems in the U.K. a new estimate has been derived.

Fig. 4. shows the unreliability of installed detectors, as a function of the year of installation. The figures for false alarms are derived from (ref 3). The alarms due to 'apparatus faults' and a proportion of those in the 'not knowingly given, ie with good intent' category have been grouped to provide an overall measure of unwanted alarms. Some year on year averaging of the data has also been carried out.

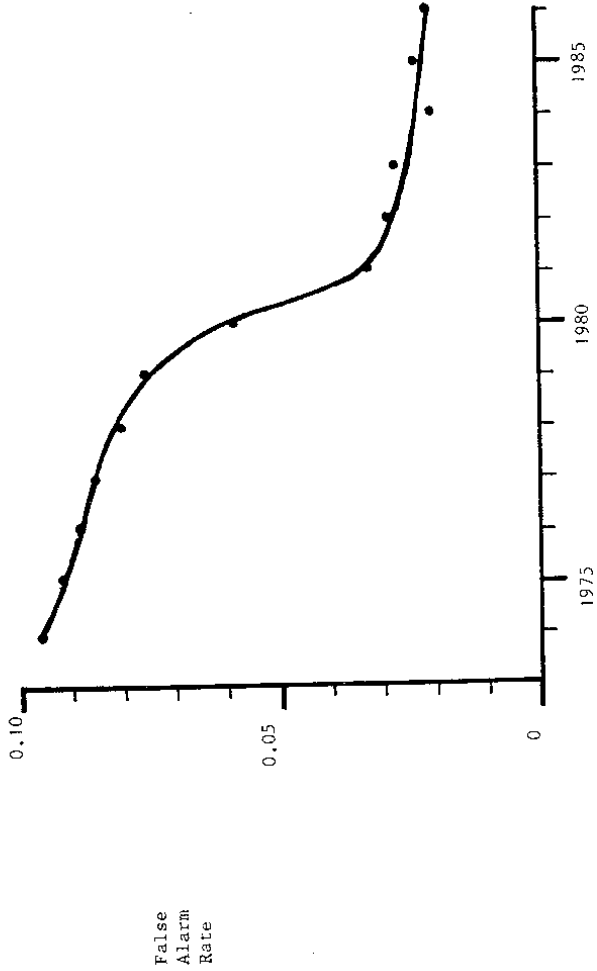
The year on year increase in alarms has been divided by the delivery of smoke detectors, estimated from commercial data, into sites in the U.K. where false alarms might be expected to result in fire brigade turnout. Because of the estimation process, the absolute values derived for unreliability must be treated with caution. However, the trend is interesting. A steady improvement from 1973 to 1979 is shown, followed by a rapid improvement from 1979 to 1982. The rate achieved by modern conventional systems appears to be approaching 0.02 per year.

Our present data for the advanced system indicates a performance an order of magnitude better than this.

### **Conclusion**

The advanced system has set new standards for fire detection performance and reliability. All installed systems include sophisticated logging facilities, and a major survey is currently in progress to collect and analyse data on reliability. With this information, allied to more advanced computing techniques, further advances can be envisaged over the next few years.

Fig.4 False Alarm Rate of Fire Detection Systems as a function of Year of Installation.



**References**

1. Gupta, Y.P., Automatic Fire Detection systems, aspects of reliability, capacity and criteria, Fire Safety Journal, Vol 8, pp 105-117, 1984/5.
2. BFPFA/DHSS survey (U.K., unpublished 1988).
3. H.M. Chief Inspector of Fire Services reports for England and Wales 1975 - 1987.





E. Hess  
SECURITON AG, Zollikofen, Schweiz

## Brandmeldeanlagen für die Praxis

### 1. Einleitung

Brandmeldeanlagen werden doch in der Praxis eingesetzt, wird mancher denken. Doch werden die heutigen Brandmeldeanlagen auch in allen Teilen den hohen und vielseitigen Ansprüchen gerecht? Es lohnt sich über diese Thematik nachzudenken. Brandmeldeanlagen sollen zuverlässig und frühzeitig ein Schandfeuer erkennen, gefährdete Personen alarmieren und Löschkräfte mobilisieren. Sie dienen dem Schutz von Personen und Sachwerten. So steht es in verschiedenen einschlägigen Vorschriften geschrieben. In der Tat wird mit Brandmeldeanlagen ein sehr breiter Anwendungsbereich abgedeckt. So findet man Brandmeldeanlagen als Bestandteil eines Brandschutz-Konzeptes z.B. in Krankenhäusern, Hotels, Industrie, Warenhäusern, Hochregallagern, Rechenzentren und Informatik-Räumen oder auch Strassentunnels.

Sollen Brandmeldeanlagen wirklich auch der angestrebten Risikominderung dienen, gibt es eine ganze Reihe von Voraussetzungen, welche erfüllt sein wollen. Als Schlagworte seien hier Planung, elektr. Installation, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit, Anzeige und Bedienung, ungewollte Alarmlaute und Betriebskosten aufgezählt.

Viele auf dem internationalen Märkte angebotenen Systeme lassen den Eindruck aufkommen, dass die Zusammenhänge und Erwartungen an eine Brandmeldeanlage noch nicht überall verstanden werden.

### 2. Die unterschiedlichen Interessen

Im Zusammenhang mit einer Brandmeldeanlage sind in brandschutztechnischer Hinsicht recht unterschiedliche Interessen des Betreibers, Versicherers, der Feuerwehr, Bau- und Feuerpolizei festzustellen.

Interessen / Anforderungen	Betreiber	Feuerwehr	Bau-/Feuer- polizei	Versi- cherer
1 zuverlässige Brandentdeckung/ Risikominderung	X	X	X	X
2 Sicherheit Personen	X		X	
3 Sicherheit Sachwerte	X			X
4 wenig ungewollte Alarme	X	X		
5 einfache Bedienung	X	X		
6 rasche, übersicht- liche Orientierung	X	X		

Tabelle: wesentlichste Interessen des Betreibers und Versi-  
cherers, der Feuerwehr sowie Bau- und Feuerpolizei

In einigen Ländern darf zudem eine Brandmeldeanlage nicht an die öffentliche Feuerwehr aufgeschaltet werden. Diese Tatsache und die unterschiedlichen Interessen des Betreibers, Versicherers, der Feuerwehr, Bau- und Feuerpolizei führen zu einer sehr aufwendigen Harmonisierung der Anforderungen für Brandmeldeanlagen. Zudem bieten sich mit den heutigen Technologien beinahe unbegrenzte Möglichkeiten an, die es in die richtigen Bahnen zu lenken gilt.

### 3. Die europäische Normierung

Die Anforderungen und Prüfbestimmungen für autom. Brandmelder wurden in den letzten Jahren in verschiedenen Europa-Normen festgelegt. Unter dem Zeitdruck des europäischen Binnenmarktes per Anfang 1993 sind noch weitere Normen in Arbeit. So unter anderem die sehr bedeutende EN 54 Teil 2 über Brandmelderzentralen. Diese internationale Normenarbeit ist sehr aufwendig und zeitraubend, sollen doch die sehr unterschiedlichen Vorstellungen der verschiedenen Länder harmonisiert werden. Es besteht nun die Gefahr, dass als Folge des Zugzwanges von EG 93 die anspruchsvolle Norm über Brandmelder-

zentralen nicht ausdiskutiert werden kann und damit für die weitere Entwicklung der Brandmeldeanlagen unbefriedigende Lösungen akzeptiert werden.

Allein durch die Tatsache, dass in einigen EG-Staaten Brandmeldeanlagen nicht an die Feuerwehr aufgeschaltet werden können, ergeben sich bezüglich der festzulegenden Anforderungen beträchtliche Abweichungen und Ansichten. So können z.B. keine verbindlichen Anforderungen für die Uebertragung von Brandalarmen und Störungsmeldungen oder das genormte Anzeige- und Bedienfeld für die Feuerwehr festgelegt werden. Die Feuerwehren nehmen nur in ungenügender Masse Einfluss auf die Anzeigen, so dass die Forderung nach übersichtlichen und klaren Anzeigen nicht genügend Beachtung geschenkt wird. In dem nun vorliegenden Entwurf einer zukünftigen Europa-Norm für Brandmelderzentralen gibt es einige wichtige Punkte zu kritisieren:

1. Der Normen-Entwurf deckt ein sehr breites Spektrum von Brandmelderzentralen durch Optionen ab, so dass kaum noch von einer "Norm" gesprochen werden kann. Jedes Land wird dadurch seine "Norm" und Interpretation für verbindlich erklären.
  2. Das breite Spektrum der möglichen Lösungen soll durch eine Klassifizierung gelöst werden. Dies wird bei der praktischen Anwendung der Norm grösste Schwierigkeiten und ungerichtete Beurteilungen zur Folge haben.
  3. Eine sinnvolle Begrenzung der Brandmelderzentralen und Notlaufeigenschaften sind nicht vorgesehen, obwohl sich derartige Lösungen in der Praxis sehr bewährt haben.
  4. Die möglichen Lösungen für eine rasche, umfassende und übersichtliche Orientierung sind für den Ernstfall ungenügend.
  5. Der Eingabe der kundenspezifischen Daten, Kontrolle und Datensicherung wird zu wenig Beachtung geschenkt.
- Es bleibt nur zu hoffen, dass keine "Normenpanik" entsteht und die oben angesprochenen Punkte im Interesse der Sicherheit noch rechtzeitig einer praxisgerechten Lösung zugeführt werden können.

## 4. Wichtige Kriterien moderner Brandmeldeanlagen

### 4.1 Allgemeines

Die nachfolgenden Ausführungen gelten vor allem für Brandmeldeanlagen mit bis zu 500 kollektiv und/oder einzeln adressierbaren Brandmeldern. Diese Anlagen decken ca. 90% der errichteten Brandmeldeanlagen ab. Brandmeldeanlagen mit über 1000 Meldern bilden eher die Ausnahme.

Vorausgesetzt wird eine geeignete Alarmierung und Alarmorganisation sowie die Instruktion des Personals.

Eine europäische Harmonisierung soll deshalb vor allem für diesen Grossteil der Brandmeldeanlagen angestrebt werden.

### 4.2 Sicherheit und Qualität

Sicherheit und Qualität spielen bei Brandmeldeanlagen eine entscheidende Rolle. Brandmeldeanlagen sollen stets betriebsbereit sein und ein Schadenfeuer rasch und zuverlässig erfassen, gefährdete Personen warnen und Löschkräfte mobilisieren. Störgrößen, wie elektrische oder elektromagnetische Einflüsse oder abnormale Umgebungsbedingungen, sollen Brandmeldeanlagen nicht beeinflussen. Häufige oder längere Zeit andauernde Ausfälle oder gar ausgeschaltete Anlagen können nicht akzeptiert werden.

Für eine Brandmeldeanlage muss eine sehr hohe Verfügbarkeit vorausgesetzt werden, damit eine entsprechende Sicherheit und Qualität erreicht werden kann.

### 4.3 Anzeige und Bedienung

An der Brandmelderzentrale oder einem Anzeigetableau muss eine rasche, umfassende Orientierung über den Zustand der Brandmeldeanlage möglich sein. Diese Orientierung, welcher im Brandfall eine entscheidende Bedeutung zukommt, muss möglich sein, ohne die Zentrale zuerst abfragen zu müssen. Dies setzt eine übersichtliche und klare Darstellung der verschiedenen Betriebszustände voraus.

Die Bedienung der Zentrale muss für den Benutzer und die Feuerwehr einfach, zweckmässig und narrensicher sein. Diese Forderung wird aufgrund praktischer Erfahrungen von den direkt Beteiligten vehement erhoben.

#### 4.4 Eingabe anlagenspezifischer Daten

Bei softwaregesteuerten Brandmelderzentralen müssen eine Vielzahl von Daten eingegeben, überprüft und verwaltet werden. Im wesentlichen handelt es sich dabei um folgende anlagenspezifische Daten:

- Anzahl Meldergruppen pro Meldelinie
- Anzahl Meldergruppen
- Anzahl Melder pro Meldergruppe
- Alarmzwischenpeicher aktivieren
- Zuordnung der Meldergruppen (Ausgänge) zu den entsprechenden Alarmgeräten.
- Zuordnung der Meldergruppen für eine verzögerte Alarmweiterleitung zur Feuermeldestelle
- Festlegen der Anwesenheits- und Erkundungsverzögerung
- event. anlagenspezifische Texte für Display

Bei einer softwaregesteuerten Brandmelderzentrale für 32 Meldergruppen und adressierbaren Meldern können hier bereits einhundert verschiedene Daten anfallen, welche zuverlässig in die Zentrale eingegeben werden müssen. Die anlagenspezifischen Daten müssen mit vernünftigem Aufwand überprüft werden können, und es muss auch eine zweckmässige Datensicherung erfolgen. Dies damit die Daten für event. Erweiterungen, Instandhaltungsarbeiten oder die Behebung von Störungen verfügbar sind.

#### 4.5 Aufschaltung Feuerwehr

Im Gegensatz zu baulichen Brandschutzmassnahmen oder selbsttätigen Löschanlagen, welche eine Brandausbreitung begrenzen resp. eine Löschung einleiten, wird ein Schadenfeuer durch eine Brandmeldeanlage "nur" gemeldet. Soll ein grösstmöglicher brandschutztechnischer Nutzen erreicht werden, müssen

Brandmeldeanlagen deshalb zwingend an die Feuerwehr angeschaltet werden, gilt doch auch der Grundsatz:  
alarmieren - retten - löschen.

#### 4.6 Planung

Der Planungsaufwand für die Projektierung und Ausführung einer Brandmeldeanlage muss sich in einem vernünftigen Rahmen bewegen. Gerade bei softwaregesteuerten Brandmeldeanlagen hat der Planungsaufwand beträchtlich zugenommen. Hier ist eindeutig eine Verlagerung des Aufwandes von der Montage in die Planung und damit zu qualifizierteren Arbeitskräften festzustellen.

Je nach Nutzung und Anwendung muss eine geeignete Wahl der Brandmelder getroffen und der richtige Standort festgelegt werden.

#### 4.7 Inbetriebnahme und Betrieb

Im Rahmen der Inbetriebnahme einer softwaregesteuerten Brandmeldeanlage muss eine umfassende Funktionskontrolle erfolgen. Andernfalls besteht die Gefahr, dass eventuelle Fehler nicht erkannt und der Betrieb der Brandmeldeanlage nicht sichergestellt ist. So könnte z.B. die Uebertragung des Brandalarms nicht angesteuert oder ein Brandmelder nicht erfasst sein. Die Folgen könnten sehr tragische Auswirkungen haben.

Brandmeldeanlagen müssen stets funktionsbereit sein und sollen möglichst keine ungewollten Alarme verursachen. Ungewollte Alarme lösen in der Regel viel Ärger und Umtriebe aus und können sich auf die Einstellung des Personals in einem Brandfall negativ auswirken. Zudem sollen die Betriebskosten für die Funktionskontrollen, die Instandhaltung und Störungsbehebung möglichst klein sein.

#### 4.8 Wartung und Instandhaltung

Für die ständige Funktionstüchtigkeit einer Brandmeldeanlage sind regelmässige und fachmännische Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten wesentliche Voraussetzungen.

## 5. Umstrittene und mögliche Problemlösungen

### 5.1 Sicherheit und Qualität

Die anzustrebende hohe Verfügbarkeit von Brandmeldeanlagen lässt sich vor allem durch folgende Massnahmen beeinflussen:

- Begrenzung
- Unterteilung der Brandmeldeanlage in verschiedene autonome Funktionsbereiche
- Notlaufeigenschaften oder Redundanz
- Ausgereifte Hard- und Software
- Qualitäts-Sicherung
- Wartung und Instandhaltung

In vielen Ländern bestehen keine Anforderungen bezüglich der Begrenzung der Grösse einer Brandmelderzentrale oder Notlaufeigenschaften. Dies bedeutet, dass u.U. an eine Brandmelderzentrale auch einige tausend Brandmelder angeschlossen sein können. Bei einer Störung oder einem Systemfehler kann somit die gesamte Brandmeldeanlage ausfallen und ist damit nicht mehr betriebsbereit. Der Europa-Normen-Entwurf EN 54-2 über Brandmelderzentralen sieht in dieser Hinsicht eine Begrenzung bei 16'384 Meldepunkten vor und verlangt keine Notlaufeigenschaften. Eine derartige Anforderung ist in Anbetracht der anzustrebenden Verfügbarkeit absolut ungenügend. Eine wesentliche Zielsetzung der Brandmeldeanlage ist mit einer derartigen Regelung nicht erfüllt. Wir erinnern uns, dass Brandmeldeanlagen auch zum Schutze von Personen verwendet werden.

Eine sinnvolle Anforderung an eine Brandmeldeanlage könnte deshalb wie folgt aussehen:

#### 1. Begrenzungen

- Meldelinie als Ringleitung	128 Meldepunkte
- " " Stichleitung	32 "
- Brandmelderzentrale	512 "

Mehrere autonome Brandmelderzentralen werden heute über serielle Schnittstellen vernetzt, so dass eine Begrenzung

technisch keine Probleme bietet (Vergleiche Abbildung 1 im Anhang).

Die in Fachkreisen auch diskutierte Begrenzung von Ueberwachungsflächen ist aus praktischen Gründen ungeeignet.

## 2. Notlaufeigenschaften

sind generell als minimale Anforderung zu verlangen und entsprechen auch dem heutigen Stand der Technik.

Neben diesen Kriterien kommt auch der Qualitäts-Sicherung eine grosse Bedeutung zu. Hier sei vor allem auf die ISO-Norm 9000 verwiesen.

### 5.2 Anzeige und Bedienung

Der Feuerwehrmann befindet sich im Brandfall unter einem psychischen Stress. Er muss sich deshalb an der Brandmelderzentrale oder dem Anzeigetableau rasch und umfassend über die Situation orientieren können, ohne dass die Brandmelderzentrale noch abgefragt, ein Code in Klartext umgesetzt oder zwischen Brand- und anderen Zustandsmeldungen unterschieden werden muss.

Diese Forderung lässt nur Lösungen zu, welche die nachstehenden grundsätzlichen Kriterien erfüllen:

1. Separate Anzeigeeinrichtungen für Brandalarm und andere Zustandsanzeigen wie z.B. Störung oder Abschaltungen
2. Farbliche Unterscheidung für Sammel- und Einzelanzeigen
  - Brandalarm rot
  - Störungsmeldungen und Abschaltzustände gelb
3. Verwenden von Klartext oder eindeutigen Symbolen
4. Gleichzeitige Anzeige mehrerer Zustände der Brandmelderzentrale

Sogenannte konzentrierte Anzeigen wie z.B. LCD-Displays mit nur zwei Zeilen und keiner farblichen Unterscheidungsmöglichkeit vermögen die obigen Kriterien nicht zu erfüllen.

Die Bedienungselemente müssen übersichtlich angeordnet und eindeutig die Funktion, welche sie auslösen, erkennen lassen. Eine Anzeige- und Bedienfront, welche diesen Anforderungen



gerecht wird, zeigt die Abbildung 2 im Anhang. Eine eher ungeeignete Anzeige- und Bedienfront zeigt die Abbildung 3. Eine kurze Bedienungsanleitung der wichtigsten Anzeigen und Bedienungen erleichtert den Umgang ganz wesentlich.

### 5.3 Eingabe anlagenspezifischer Daten

Auf dem Markte kann man Brandmelderzentralen antreffen, bei welchen die anlagenspezifischen Daten vor Ort über das Tastenfeld und einen kleinen Display eingegeben werden können. Eingabefehler, mangelnder Ueberblick, eine ungenügende Kontrolle und damit Fehlfunktionen sind die Folgen derartiger Lösungen.

Um die vielen kundenspezifischen Daten in eine softwaregesteuerte Brandmelderzentrale einzugeben, gibt es professionellere und zuverlässigere Lösungen. Die Eingabe der Daten folgt mittels eines Personal-Computers mit einem speziellen Programm. Dieses Programm muss benutzerfreundlich sein und eine geführte und selektive Eingabe der Daten mit der Unterstützung eines Bildschirmes ermöglichen. Ein geeignetes Eingabegerät zeigt die Abbildung 4 im Anhang. In Abbildung 5 ist ein Bereich des Programmes dargestellt, mit welchem die Anzahl Brandmelder pro Meldergruppe und die Aktivierung des Alarm-Zwischenspeichers festgelegt wird. Nachdem alle Daten eingegeben sind, kann mit einem weiteren Programm eine Ueberprüfung der eingegeben Daten erfolgen. Auch der Datensicherung wird Rechnung getragen, indem die Daten einerseits auf einer Diskette gespeichert und andererseits ausgedruckt und abgelegt werden.

### 5.4 Betrieb und Unterhalt

Kleinere Betriebskosten und weniger ungewollte Alarme können erreicht werden, wenn neben den bekannten Massnahmen vollständig überwachte und sogenannt "intelligente" Brandmelder mit verschiedenen Auswertestufen eingesetzt werden. Durch die vollständige Ueberwachung der Brandmelder können die periodischen und zeitaufwendigen Funktionskontrollen weitgehend entfallen. Verschmutzte Brandmelder werden erkannt noch bevor

sie einen ungewollten Brandalarm auslösen und können rechtzeitig ausgetauscht werden.

Auch hier gibt es bereits vielversprechende Lösungsansätze, wie z.B. die Brandmelder mit Trendauswertung. In der Abbildung 6 ist ein derartiger Brandmelder abgebildet und erläutert.

### 5.5 Instandhaltung

Auch wenn die Brandmeldeanlage über modernste und ausgeklügelte Technik verfügt, werden sich bei ungenügender Instandhaltung und Wartung früher oder später Probleme einstellen. Die Brandmeldeanlage wird ihren Schutzwert verlieren und der ihr zugeordneten Risikominderung nicht mehr genügen. Zudem wird eine ungenügende oder gar fehlende Instandhaltung die Lebenserwartung einer Brandmeldeanlage stark verkürzen.

Brandmeldeanlagen müssen deshalb regelmässig gewartet werden. Es muss auch sichergestellt sein, dass die Brandmelder von Zeit zu Zeit einer Werkrevision unterzogen werden. Ausserdem muss der Betreiber auf eine leistungsfähige Service-Organisation des Errichters zählen können. Reparaturen und die Lieferung von Ersatz-Apparaten und -Teilen muss auch noch nach Jahren möglich sein.

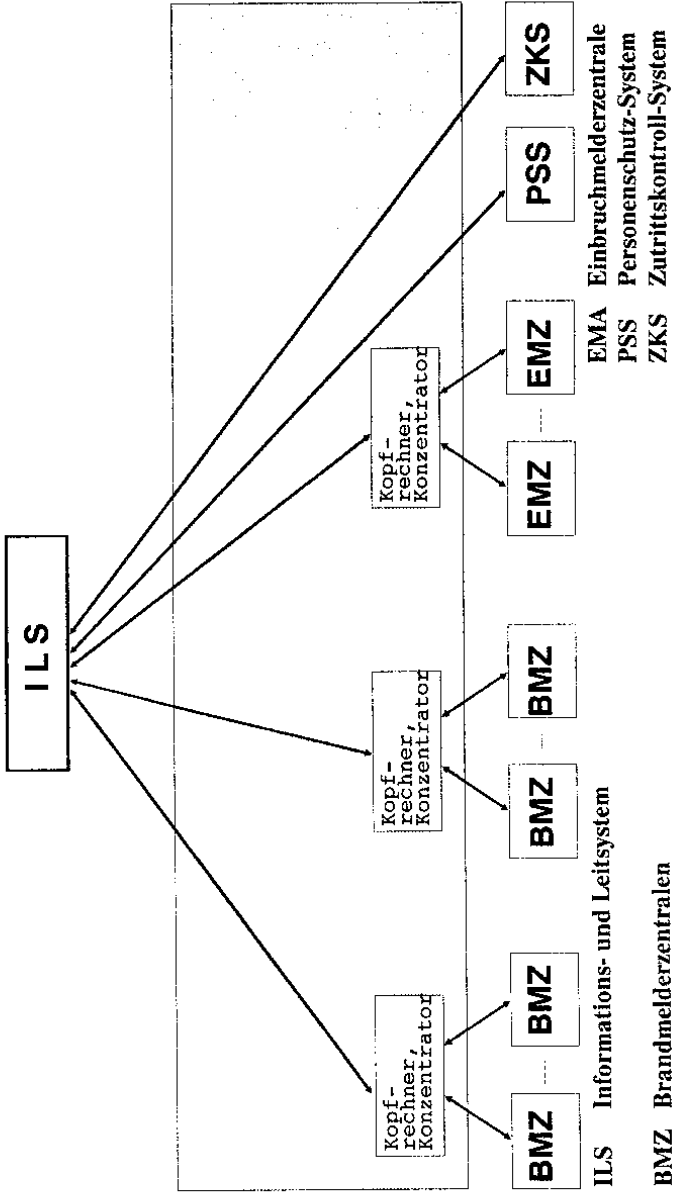
### 6. Zusammenfassung

Brandmeldeanlagen werden auch in Bereichen eingesetzt, wo es um die Sicherheit von Personen geht wie z.B. Krankenhäusern. An derartige Anlagen müssen deshalb hohe Anforderungen gestellt werden. Die wichtigsten Probleme, welche in Zukunft im Zusammenhange mit Brandmeldeanlagen noch zu lösen sein werden, sind:

- ungewollte Alarmer
- Betriebskosten
- Verfügbarkeit
- Anzeigen und Bedienung

Im Hinblick auf EG 93 ist anzustreben, dass mindestens das heutige Sicherheitsniveau in den D-A-CH-Ländern Bestand haben wird.

Brandmeldeanlagen für die Praxis lassen sich mit den heutigen Technologien, Erfahrungen und einem guten Willen aller Beteiligten realisieren. Renomierte Errichter müssen in dieser Hinsicht ihre Verantwortung tragen und eine Führungsrolle wahrnehmen.



**Abb. 1:** Ausführung von Grossanlagen  
Zusammenfassung einzelner, autonomer Brandmelderzentralen resp. Subsysteme

# Störung / Abschaltung

1	1	S	I	-	A	U	S	F	A	L	B	A	T	T	E	R	I	E
2																		
3																		
4																		



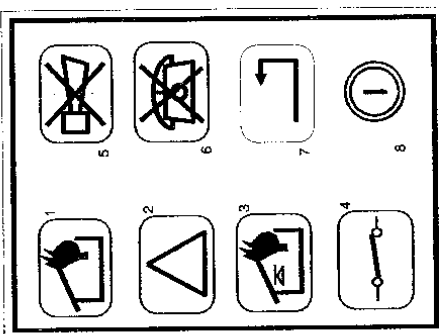
WEITERE ANZEIGEN

# Brandalarm

1	0	1	R	E	S	T	A	L	A	R	A	L	5	·	O	I	G	
2	0	3	L	I	F	T	M	O	T	O	R	E	N	-	R	A	U	M
3																		
4																		
5																		
6																		



WEITERE ANZEIGEN



Gruppe	1	2	3	Ein
Melder	4	5	6	Aus
externe Geräte	7	8	9	Revision
Zeit	*	0	△	Test
FA				Info
Code				Reset

- Abschaltung
- Revision
- Störung System
- Störung FA
- Störung Energie
- Erdschluss
- Si-Ausfall
- Netz

Abb. 2: Anzeige- und Bedienfront einer modernen Brandmeldezentrale

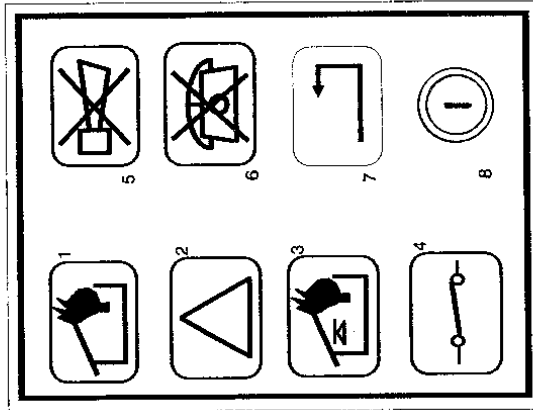
- Brandalarm
- Störung
- Betrieb

- Abschaltung
- Revision
- Störung System
- Störung FA
- Störung Energie
- Erdschluss
- Si-Ausfall
- Netz

1	6	H	E	I	Z	U	N	G	S	-	R	A	U	M
2														



WEITERE ANZEIGEN



**Abb. 3:** Einfachste Form der Anzeige- und Bedienfront einer Brandmelderzentrale

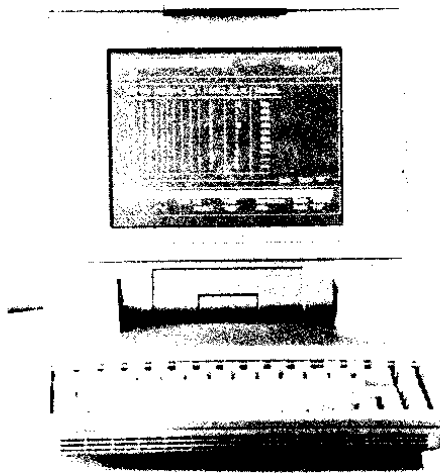


Abb. 4: Lap-Top Personal-Computer für die Eingabe und Ueberprüfung der anlagenspezifischen Daten

V:8 ,Brandmelderzentrale Typ BMZ 24  
 Anlage: R. Kilchner AG, Cham

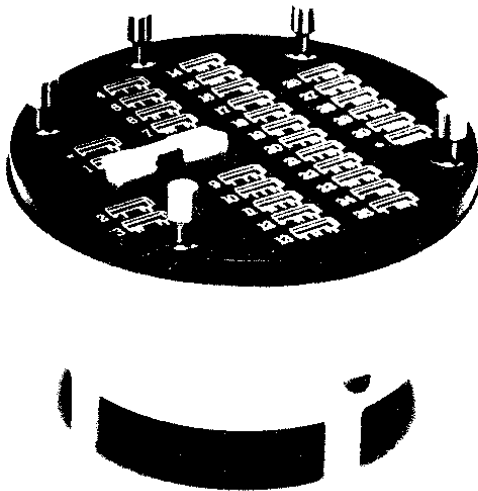
Meldelinien /  
 Meldergruppen

	Swg	Typ	Abh.	Kart	Anz.	Alarm- Melder	zwischenpeicher
---->	1	GK	1	1	4	1	ein
	2	GK	1	1	7	1	ein
	3	GK	1	1	4	1	ein
	4	GK	1	1	4	1	ein
	5	GK	1	1	6	1	ein
	6	GK	1	1	3	1	ein
	7	GK	1	1	4	1	ein
	8	GK	1	1	8	1	ein
	9	GK	1	1	9	1	ein
	10	GK	1	1	8	1	ein
	11	GK	1	1	6	1	ein

bitte markieren sie die betreffende Zeile !  
 Zeile auf : "v" Seite vor : "PgDn" bearbeiten : Taste "RETURN"  
 ab : "v" zurück : "PgUp" ende : Taste "F10"

Abb. 5: Eingabe anlagenspezifische Daten mittels PC  
 Auszug aus einem Bereich des Programmes (Beispiel)





Der opt. Rauchmelder ORM 140 mit Trendauswertung verfügt über folgende Funktionen:

Auswertestufen	Anzeigen	Massnahmen
5 Alarmschwelle	Brandalarm	Erkundigen, Evakuation Löschung einleiten
4 Verschmutzungs- grad 75%	Trend 2 autom. Störungs- Anzeige an der Zentrale	Melder sofort aus- tauschen, da stark verschmutzt
3 Verschmutzungs- grad 50%	Trend 1 Zustand an der Zentrale abrufbar	Melder demnächst aus- tauschen, da leicht verschmutzt
2 Normalzustand		
1 Ueberwachung	Störung	Melder austauschen, da defekt

Abb. 6: Opt. Rauchmelder mit Trendauswertung



Andreas Diekmann

gm-elektronik, Bielefeld, Fed. Rep. of Germany

Prozessorgesteuerte Brandmelder Apollo Serie 90:  
Optimierung der Analogtechnik

1) Einleitung

Die Firma gm-elektronik (Fed. Rep. of Germany) beschäftigt sich seit ca. 20 Jahren mit Brandmeldetechnik. Seit einigen Jahren befaßt man sich verstärkt mit der Analogtechnik und mit der Auswertung durch Mikroprozessoren.

Dazu war zunächst ein entsprechender, intelligenter Analogmelder erforderlich, der vom Leistungsvermögen und vom Grundkonzept geeignet erschien. Der

PROZESSORGESTEUERTE BRANDMELDER APOLLO SERIE 90

der Firma Apollo Fire Detectors Ltd. (England).

Bei der Analogtechnik handelt sich um Melder, die nicht selbst bei Überschreiten einer Brandkenngröße Alarm auslösen, sondern ein Signal - entsprechend den jeweiligen Luft- oder Wärmeverhältnissen - an die Zentrale leiten. Der Mikroprozessor in der Zentrale wertet das Signal aus und entscheidet, ob die evt. vorhandene Rauch- oder Wärmemenge als Vorhandensein eines Brandes anzusehen ist.

In der Zentrale geschieht dann die Aufbereitung der Informationen, Alarmierung durch Signalgeräte und Weiterleitung der Daten über Netzwerke an intelligente periphere Geräte oder Schnittstellen.

2) Zielsetzung für ein Analogsystem

Dadurch, daß ein Prozessor im Melder, mit wesentlich mehr Programmiermöglichkeiten die Entscheidung über den Brandalarm, von der relativ starren Technik des konventionellen Melders, übernimmt, versprach man sich eine drastische Senkung der Fehlalarmrate.

Weitere Anforderungen an eine Analogmelderreihe sollten die Flexibilität bei der Planung eines Brandschutzsystems, die Voralarmstufe, die Adressierbarkeit und die vereinfachte Wartung sein.

Es sollte die Möglichkeit gegeben werden, jeden beliebigen Melder beliebig oft in jeder beliebigen Reihenfolge abzufragen, ohne zwischendurch andere Melder abfragen zu müssen.

Außerdem wollte man durch ständigen Datenaustausch zwischen Meldern und Zentrale eine Kontrolle über die Einsatzfähigkeit der Melder erhalten. Nur von einem Melder, der sich laufend aktiv meldet und Informationen senden muß, kann man sagen, daß er 100%ig einsatzfähig ist.

Selbstverständlich mußte das System in 2-Draht-Technik realisiert werden.

Die auswertende Elektronik in der Brandmeldezentrale sollte den gestellten Leistungsansprüchen gerecht werden und die Informationen von den Meldern ausreichend transparent und zugänglich machen.

Dafür müssen entsprechende Ausgabefunktionen und Schnittstellen vorgesehen werden.

### 3) Realisierung

#### 3.1) Melder

So entstand eine Brandmelderreihe, bestehend aus I-Melder, Streulichtmelder und Wärmemelder sowie ein kompatibler Handmelder.

Diese Melder sind keine Grenzwertmelder mit mehreren Grenzwerten, sondern sie arbeiten stufenlos, d.h. der Rauch- oder Wärmewert in der Kammer wird mittels eines A/D-Wandlers umgesetzt in eine Dezimalzahl, die dann der Prozessor in der Brandmelde-Zentrale auswertet.

Kernstück der Serie 90 ist das Protokoll für die

Kommunikation zwischen Zentrale und Brandmeldern.  
Die Übertragung der Information geschieht voll digital, in Form einer Puls-Weiten-Modulation, wobei die Höhe der Pulse und die genaue Form unwichtig sind. Die Möglichkeit eines Fehlsignals ist dadurch verschwindend gering. Die Zentrale erhält immer ein präzises, auswertbares Signal. Innerhalb einer Sekunde werden ca. 30 Melder abgefragt.

Die Melder arbeiten ohne Alarm- und Abschlußwiderstand, und sie haben den Vorteil, daß in Schleifen verlegt werden kann, sodaß mehr als 32 Melder in einer Linie betrieben werden können.

Die Adressierung geschieht vom Prozessor in der Brandmelde-Zentrale aus, dadurch hat die Zentrale die Kontrolle über das System. Die Melder bestätigen aktiv ihre Adresse und senden anschließend die Nutzinformation zur Zentrale.

Dadurch daß die Prozessoren in der Zentrale die Kontrolle haben, hat man die Möglichkeit, durch Implementierung der Software, die Reihenfolge und Häufigkeit der Adressierung beliebig zu gestalten.

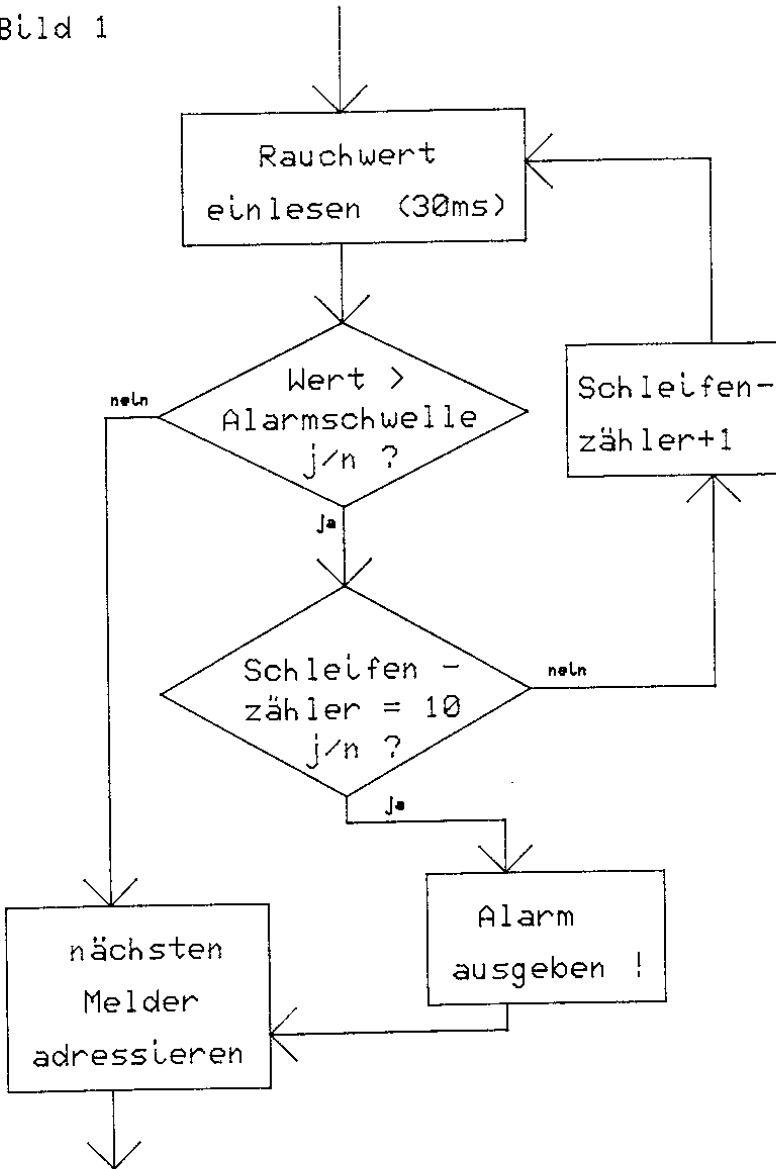
Treten durch Leitungsstörungen gewisse Beeinträchtigungen der Informationen ein, bietet sich z.B. das wiederholte Abfragen eines Melders an, bei dem ein anormaler Zustand (Brand) festgestellt wurde, um zu überprüfen, ob tatsächlich ein Brandereignis vorliegt (vgl. Bild 1).

Ergänzt werden die Feuermelder mit einer Reihe von peripheren Modulen. Diese Module werden an die 2-Draht-Leitung der Serie 90 mit angeschlossen und erhalten auch jeweils eine Adresse.

Mit der Liniensteuereinheit (Zone Monitoring Unit) können bis zu 20 konventionelle Melder überwacht werden. Dies ist dort nützlich, wo mehrere Melder, jedoch nur eine Adresse - z.B. in einem Korridor - benötigt werden.

Die Zentralenüberwachungseinheit (Control Panel Monitoring Unit) ermöglicht das Einbinden eines kompletten

Bild 1



konventionellen Brandmelde-Systemen in die Schleife der Serie 90. Soll z.B. in einem Altbau die existierende Zentrale bestehen bleiben, errichtet man im Neubau ein Serie-90-System und schließt einfach die alte Brandmelde-Zentrale mit an, um ein integriertes System zu erhalten.

Schließlich stehen noch eine Alarmsteuereinheit (Sounder Circuit Controller) zur Ansteuerung von Hupen und Sirenen zur Verfügung, genauso wie verschiedene digitale Schaltmodule.

### 3.2) Zentrale

Die Brandmelde-Zentrale wertet das digitale Protokoll zwischen Zentrale und Brandmeldern aus und leitet entsprechende Schritte ein, falls irgendein Ereignis (z.B. Alarm oder Störung) vorliegt.

Die Firma gm-elektronik hat dafür ein System entwickelt, das nach dem Prinzip der verteilten Intelligenz arbeitet (vgl. Bild 2).

Dies bedeutet zunächst, daß mehrere Prozessoren in der Zentrale arbeiten, und jeder einzelne einen Teilbereich des Gesamtobjektes überwacht, indem er mit einer Reihe von Brandmeldern kommuniziert.

Diese Prozessoren (Slaves) arbeiten die Informationen auf und geben die Daten über eine Schnittstelle weiter an den Master.

Jeder der Slaves kann die Alarmierung durch Sirenen etc. vornehmen und hat auch eigenständige Anzeigen, um den Benutzer über alle eintretende Ereignisse zu informieren. Außer Alarm und Störung kann auch die Verschmutzung jedes einzelnen Melders angezeigt werden.

Die Slaves speichern die in ihrem Teilbereich anfallenden Daten chronologisch ab, sodaß in keinem Fall Informationen verloren gehen können.

Der Master sammelt die vorverarbeitenden Daten der Slaves und legt sie ebenfalls in Speicherbausteinen ab, damit liegen dort sämtliche Informationen des gesamten Brandmel-

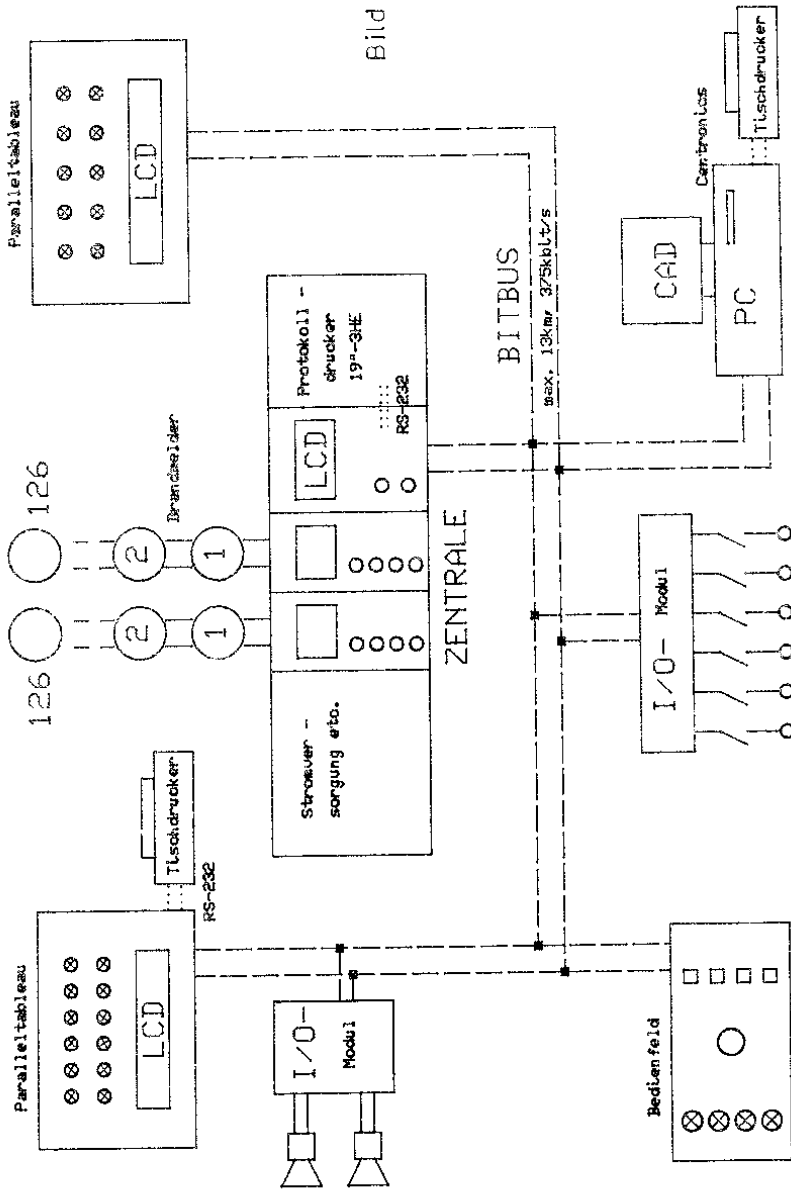


Bild 2



desystems vor.

Über ein schnelles, adernsparendes Netzwerk mit definierten Schnittstellen (Intel BITBUS) wird der Master, und somit die Brandmeldezentrale, mit externen intelligenten Rechnersystemen verbunden. Dazu können Personal-Computer (PCs), Paralleltableaus und separate Bedienfelder gehören. Auch können weitere analoge oder digitale Ein-/Ausgabemodule in das BITBUS-System integriert werden, ohne irgendeine Anpassung vornehmen zu müssen. Durch individuelle Software werden diese Module auf den jeweiligen Anwendungsfall programmiert. Da Software sehr flexible ist, ist es einfach, eventuelle Funktionsänderungen durchzuführen. Die Hardware braucht nicht verändert zu werden.

Das Netzwerk bietet Entfernungen bis ca. 13km bzw. Übertragungsgeschwindigkeiten bis 375kbit/s . Das bedeutet eine DIN A4-Seite in etwa 10ms zu übertragen !!!

Die Vernetzung mit PCs bietet die Möglichkeit CAD zu nutzen. Damit werden Alarm- oder Störungsmeldungen von der Brandmelde-Zentrale grafisch auf einem oder mehreren Bildschirmen sichtbar gemacht.

Ebenso werden Texte mit Anweisungen für den Notfall ausgegeben.

Die Bilder eines CAD-Programms können dynamisch gestaltet werden, d.h. einlaufende Meldungen werden nach und nach auf dem Bildschirm, z.B. blinkend, dargestellt. Es ist möglich für jeden Melder eine Text- und Bilddarstellung auszugeben. Der PC ermöglicht ferner das Protokollieren der Ereignisse auf Drucker und das Abspeichern sämtlicher Daten auf Diskette, somit sind im Nachhinein alle Zustandsänderungen des Brandmeldesystems nachvollziehbar (Brandausbreitung).

#### 4) Ergebnisse

Die Serie 90 stellt ein System dar, das in der Messung der Umweltverhältnisse und somit einer eventuellen Brand-

kenngröße echt analog arbeitet, jedoch die gewonnene Information digital und unverstümmelt weitergibt.

Diese Analogmelder bieten durch die Einzelidentifizierung und die Fülle der zur Verfügung gestellten Informationen, beste Voraussetzungen intelligente Brandmelde-Systeme zu erstellen.

Durch die Kopplung einer prozessorgesteuerten Zentrale mit externen Rechnersystemen über ein schnelles Netzwerk hat der Anwender erstmals komfortabelste Möglichkeiten, was

- die Darstellung von Ereignissen
- die Ausbaufähigkeit des Brandmelde-Systems
- und die Steuerfunktionen

angeht. Denn dieses Netzwerk hat aufgrund seiner Struktur, serielle Übertragung bei parallelem Anschluß, den Vorteil, daß an beliebiger Stelle auch nachträglich Einheiten nachgerüstet werden können.

Somit bietet es bei geringstem Kabelaufwand zudem einfache Installation.

Ferner sind Aufschaltungen auf öffentliche Datennetze z.B. TEMEX möglich, um auch im Fernbetrieb z.B. bei einer zentralen Leitstelle, ständig informiert zu sein.

Weiterführende Gedanken lassen dann noch Überlegungen aufkommen, Brandmelde-Systeme komplett vom PC aus zu überwachen und auch von dort die erforderlichen Steuerfunktionen wie Quittierung von Ereignissen, Linienabschaltung etc. vorzunehmen. In dem Fall kann die eigentliche Brandmelde-Zentrale abseits stehen. Dann sind Tastatur und Bildschirm die Medien zur Ein- und Ausgabe.

Die Firma gm-elektronik und die Firma Apollo zeigen auf ihrem Stand in der Ausstellung ein Brandmelde-System der intelligenten Generation, das über ein BITBUS-Netzwerk miteinander verbunden ist.

J. F. Middleton  
THORN Security Limited, Feltham, England

## FLAME DETECTORS

### INTRODUCTION

Flame detectors operate by sensing the electromagnetic radiation from flames and although a large part of the spectrum could perhaps be utilised, practical detectors operate either in the ultra-violet region or in certain narrow bands of the infra-red region of the spectrum.

Apart from having good sensitivity to flames from different types of fire, flame detectors must also be able to ignore radiation coming from other sources whether natural or man-made such as hot surfaces, fluorescent or incandescent lamps, arc welding etc.

Unlike heat or smoke detectors, flame detectors do not require a ceiling to trap the products of combustion and are therefore particularly suitable for use in large open areas such as aircraft hangars and in outdoor situations such as chemical plants and oil production rigs which are risks where flames normally appear early in the development of a fire. However, in the outdoor environment, by far the biggest "fire" around is the sun and it is essential that the flame detector is able to discriminate against this source of radiation which is many orders of magnitude greater than the radiation received from an incipient fire at typical detection ranges.

Although infra-red flame detectors have performed very successfully for many years in indoor situations, for example a scanning detector for the protection of hangars or warehouses, the dominant detector for outdoor use was, until a few years ago, the ultra-violet detector. However, in 1982 a new precision, single channel infra-red flame detector which was fully solar-blind and ruggedly engineered for use in outdoor environments, was introduced and gained rapid acceptance in the industry.

Since then a number of other detectors have appeared on the market either using a combination of ultra-violet and infra-red sensors or using two infra-red channels to discriminate between radiation from a fire and that from the sun.

The single channel detector uses a precision optical filter to reject solar radiation and it is useful to compare the advantages and disadvantages of this design approach with the alternative twin channel solutions. Is the latter more reliable in detecting a fire? Are two channels better than one? Do two channels provide a "belt and braces" approach so that if a fire is not detected in one channel it will be detected in the other?

#### Ultra-violet Detectors

The ultra-violet detector has achieved considerable success in the outdoor environment because it is designed to operate in a region of the spectrum where solar radiation is totally absorbed by the earth's atmosphere leading to a total lack of false operations due to this cause. However, the ultra-violet radiation from flames is extremely low and the detector has therefore to be highly sensitive in order to see small fires and this high sensitivity makes it very prone to false operation from other radiation sources and, in particular, the intense ultra-violet radiation from arc welding operations.

A further difficulty with ultra-violet detectors is the high degree of absorption of ultra-violet radiation by even the slightest contamination of the detector window which leads to a significant loss of sensitivity to a fire.

#### Infra-red Detectors

The development of infra-red flame detectors has been greatly influenced by the availability of suitable sensors which could provide sufficient sensitivity, i.e. signal to noise ratio, whilst operating at normal ambient temperatures.

Early detectors operated in the 1 micron region of the spectrum and were designed for use on indoor environments only. The scanning detector mentioned earlier operates in the 2.7 micron CO<sub>2</sub> absorption band where solar radiation at ground level is significantly reduced due to absorption by the carbon dioxide in the earth's atmosphere.

Although not completely insensitive to solar radiation, this detector has been used very successfully for the protection of areas such as aircraft hangars and large warehouses where direct solar radiation is not present but where nevertheless the level of radiation from interfering sources can be quite high.

By 1980, reliable, stable, pyro-electric sensors based on lithium tantalate had become available. These provide good sensitivity at normal temperatures to long wavelength infra-red radiation and have allowed the development of flame detectors operating in the 4.4 micron region of the spectrum. Operation around 4.4 micron is particularly advantageous as there is a strong radiation peak at this wavelength from the hot carbon dioxide found in most fire situations, whilst the carbon dioxide in the earth's atmosphere produces almost complete attenuation of solar radiation in this region of the spectrum.

#### Precision Single Channel Detector

In the single channel detector rejection of solar radiation has been achieved by the use of a very precise optical filtering system. Within the optical system is a carefully designed narrow band filter whose parameters have been optimised to provide good transmission of the radiation from the hot carbon dioxide in the flame whilst ensuring that the filter passband remains within the narrow solar radiation absorption band around 4.4 micron, making due allowance for shifts in the filter passband due to variations in the angle of incidence of the solar radiation, temperature effects and manufacturing tolerances. One of the advantages of this approach is that the optical filter itself is a very stable component and thus the performance of the detector in rejecting solar radiation remains stable under extreme environmental conditions.

As the rejection of solar radiation is carried out completely by the optical filtering system, the sensor, amplifier and signal processing can be optimised to achieve the best performance in detecting a flame and one of the key benefits of the single channel approach is that there is no reduction in the sensitivity of the detector to flame in the presence of radiation from other sources, even solar radiation shining directly onto the detector aperture.

The amplifier will not be overloaded or saturated nor are there any careful balancing arrangements to be upset. The detector is exceptionally robust to all types of environmental and interfering phenomena, as has been demonstrated by extensive testing and evaluation programmes by test houses and users and its simple electronics with associated low power requirements allow it to achieve a high intrinsic safety classification, i.e. EEx ia IIC T5 in accordance with EN50 020 Part 7. It is completely solar blind and this means that it can be pointed directly at the mid-day sun and it will not false alarm, even when the sun's radiation is chopped at the optimum flicker frequency nor, as stated earlier, will its sensitivity to flame be reduced.

#### Twin Channel Detectors

In twin channel detectors the optical filtering of the fire detection channel at 4.4 micron is not so narrow and precise as that employed in the precision single channel detector. The wider bandwidth which is typically used does not achieve an adequate rejection of solar radiation and so some additional means has to be employed to overcome this shortcoming and prevent false operation in the presence of the sun. A second channel is added and a comparison made between the signals in the two channels by means of additional signal processing. The second channel is chosen either above or below 4.4 micron in a region where there is a high level of solar radiation and the flame radiation will be lower than 4.4 micron. In a simple fire situation the radiation in the fire sensing channel will be greater than in the monitoring channel whilst the reverse will apply when solar radiation only is present. Thus by comparing the signals in the two channels solar radiation can be rejected by the signal processing and false operation from the sun should be avoided.

It is important to note, however, that the addition of the second channel does not in itself contribute to the detection of a fire which is still based on the detection of a signal of sufficient level in the 4.4 micron channel. It is only because this fire detection channel, unlike the one used in the precision single channel detector, is inadequate in its ability to reject solar radiation by itself that the additional channel has to be incorporated. The added complexity is needed in order to reduce false alarms and does not improve the detector's performance in detecting fires. However, although the second channel does not help in the detection of a fire it can, under certain circumstances, reduce the sensitivity of the detector or even cause it to become totally blind to a real fire signal.

This is because the twin channel detector works on the basis of comparing the ratio of the signal levels in the two channels and this ratio can be upset when interfering radiation is present at the same time as a fire occurs.

The design of the system is such that, in a fire only situation, the output in the fire detection channel, Channel A, is greater than that in the monitoring channel, Channel B. When there is no fire condition but other radiation sources are present, e.g. the sun or hot machinery, the output of Channel B will be greater than that of Channel A.

When both a fire and interfering radiation are present together, the fire will only be detected if the combined signal in Channel A exceeds that in Channel B and whether this occurs or not will depend on the relative strength of the radiations from the two sources. The larger the interfering radiation signal, the larger the actual fire must be to ensure detection.

It is worth noting that when the sun is viewed directly, the solar radiation signal in the fire detection channel of a typical two channel system will be about twenty times the amplitude of the minimum fire signal. In this situation the fire signal will be swamped and the required triggering ratio will only be achieved when the fire has grown appreciably larger.

Some improvement in the ratio can be achieved by the use of cross-correlation of the signals in the two channels on the basis that the fire signal has better cross-correlation than the sun signal, but this may not always be the case.

As two channel systems operate by measuring the ratio of the signals in the two channels it is vitally important that an accurate balance is maintained in the sensitivity of the two channels over the full range of environmental conditions and also with time. This requirement for balance between the two channels will also apply to the two optical systems and a potential cause of mis-operation is uneven contamination of the two apertures.

If the dirt build-up on the fire sensing channel aperture is greater than on the monitoring channel aperture then the signal ratio under fire conditions may be sufficiently adversely affected to prevent the detector responding to the fire.

The maintenance of balance between the two channels is equally important in avoiding false operation from solar radiation or other hot body radiation. In this case, contamination of the monitoring channel aperture will reduce the signal level in that channel thus affecting the ratio between the signals in the two channels and causing a shift towards false operation.

False operation can also occur under partial shadowing conditions because of the spatial separation between the apertures for the two channels. If a shadow falls across the monitoring channel aperture then solar radiation, if suitably modulated, would produce a signal in the fire detection channel only and the triggering criteria may be met. A particular situation where this occurs is when the sun or its reflection is viewed through rotating fan blades and masking of one aperture only may occur for brief but repeated periods.



It is seen therefore that two channel systems are not better than a well designed single channel system. They do not provide a "belt and braces" approach, because only one channel is used for fire detection and they may prove less reliable in detecting a fire if the balance between the two channels is not maintained. They are unlikely to be truly solar blind, which can be defined as having no reduction in sensitivity in the presence of solar radiation and no false operation when fully illuminated by the sun modulated at the flicker frequency.

#### Combined UV/IR Detectors

As indicated by their title, UV/IR detectors combine two technologies in one housing, having one UV sensor and one broadband IR sensor operating at around 4.4 microns. They differ from the twin channel IR detectors in that both sensors act as fire detectors, but the arrangement is such that an output signal is required from both sensors in order to produce an alarm from the combined unit.

This arrangement means that environmental factors which affect only one sensor, such as arc welding for the UV sensor and solar radiation or hot bodies for the IR sensor, do not cause false alarms from the combined unit. However the fact that both sensors have to detect the fire in order to produce an alarm output means that there is a reduction in the detection probability. The factors which reduce the sensitivity of the UV channel, such as contamination of the window or attenuation through smoky atmospheres, will also reduce the sensitivity of the combined unit. A less common situation is where the burning materials do not contain any carbon. e.g. metals, ammonia or hydrogen sulphide. For these materials the fire can be detected by the UV sensor but this advantage will be lost in the combination detector.

#### Summary

The design approach adopted in both the combination detector and the twin channel detector is to provide a patch to overcome the deficiencies in the fire detection channel.

However the additional complexity required does not improve the detection capability of the unit and in practice the reverse is likely to be the case. The approach on the single channel detector has been to design out the deficiencies. The radiation from the sun is rejected by a precision optical filtering arrangement which allows the sensor and electronics to be optimised to respond to the fire signal. The result is a simple, reliable and rugged unit which is being increasingly specified for all types of indoor and outdoor applications.

### Standards

The European standards committee CEN/TC72 has reached an advance stage in the preparation of a standard for flame detectors and a draft for national voting will be available within a year. The draft has been based on an earlier publication by the Comite Europeen des Assurance, CEA, for infra-red flame detectors, but this has been extended to cover both UV and IR detectors. However the scope is basically aimed at specifying requirements for flame detectors installed in buildings and therefore does not necessarily cover the requirements for outdoor use which is a major application area for flame detectors. In particular there are no tests included in the standard for testing the effects of solar radiation on the detector sensitivity and its susceptibility to false alarms.

The CEA has also been preparing a revision of its guidelines for the application of flame detectors which includes a re-assessment of the maximum monitoring area for a flame detector taking into account the higher sensitivities which are now available with certain detectors.

In the United States an NFPA committee has prepared a draft revision of Chapter 5 of NFPA Standard 72E on Detection Devices. This revision includes a major expansion of the section covering installation and testing of radiation detectors.

There is some concern however in that flame detectors, spark detectors and ember detectors are all included in the same section whereas in practice they have entirely different applications, flame detectors being part of fire detection systems, while spark and ember detectors are normally associated with explosion suppression systems. It is hoped that this will be more clearly identified at the public comment stage.

Figure 1 OPERATING WAVELENGTHS FOR FLAME DETECTORS

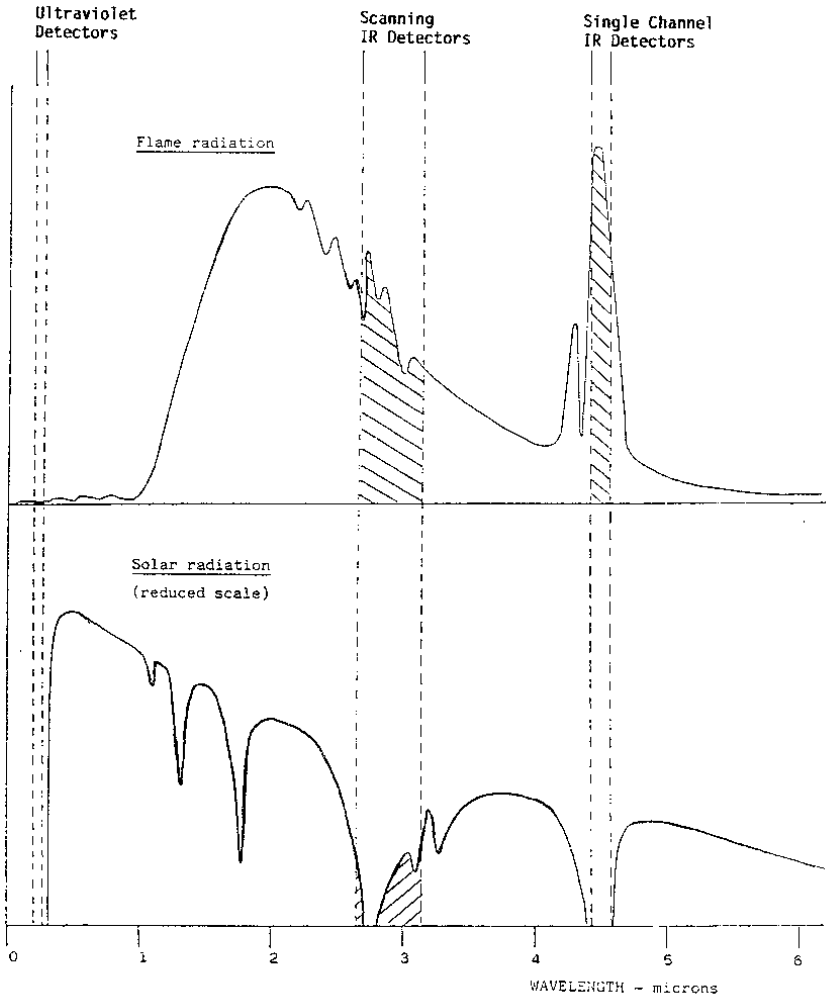


Figure 2 TWIN CHANNEL FLAME DETECTION

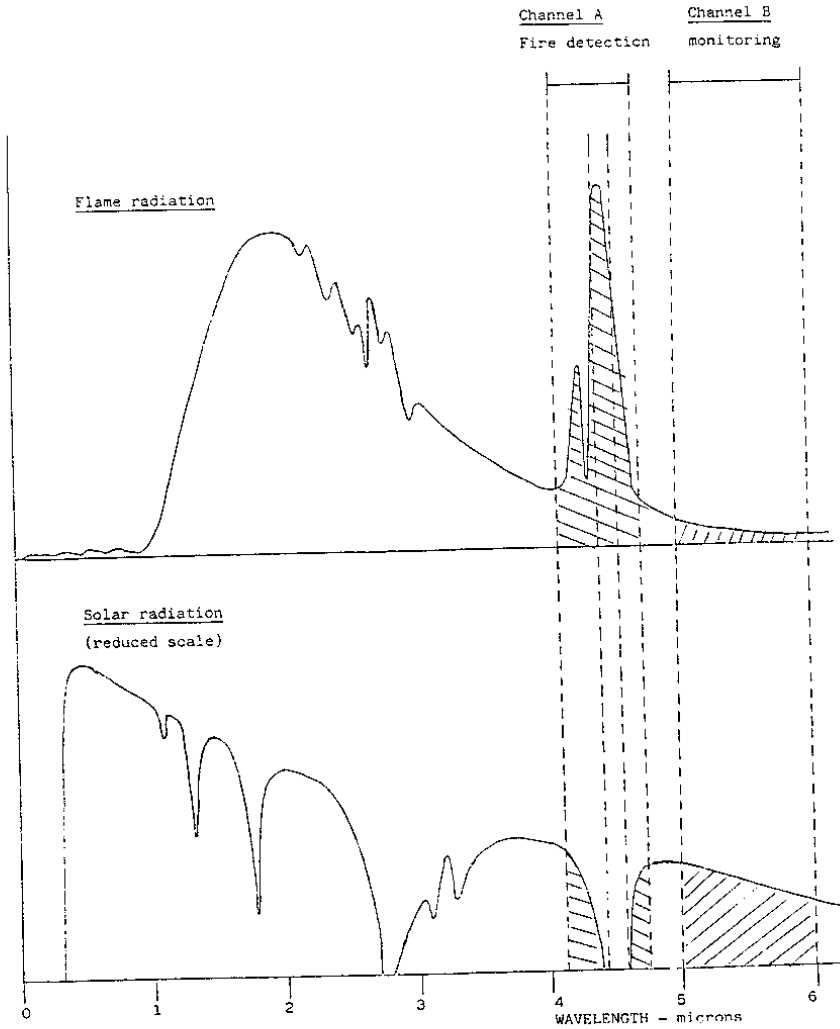
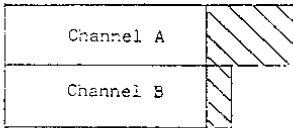
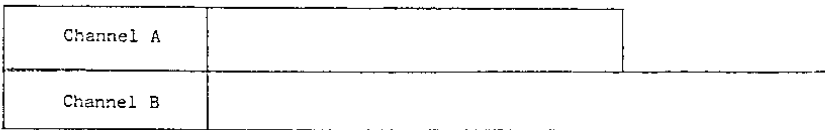


Figure 3 SIGNAL LEVELS IN TWIN CHANNEL DETECTORS

Fire Only



Background Only



Fire and Background



Claus Grapengiesser  
IRS GmbH, 6100 Darmstadt, Bundesrepublik Deutschland

Neuer Lichtleitfaser-Flammendetektor

Inhalt:

- 1) Einleitung - Wie kam es zur Entwicklung des Detektors?
- 2) Theorie: Lichtleitfasertechnik
- 3) Anforderungsprofil - Eigenschaften des Melders
- 4) Melderaufbau und -funktion
- 5) Technische Daten
- 6) Anwendungsbeispiele
- 7) Zusammenfassung

1. Einleitung - Wie kam es zur Entwicklung des Lichtleitfaserdetektors?

Bei der Projektierung von Brandunterdrückungsanlagen im Bereich von elektrostatischen Lackieranlagen ist es extrem wichtig, Brände unmittelbar am Entstehungsort zu detektieren

und zu löschen. Dabei sind die möglichen Brandherde teilweise innerhalb von beweglichen Maschinengehäusen oder zum Beispiel an Roboterarmen zu erwarten. Als weitere Erschwerung ist zu berücksichtigen, daß in diesen Bereichen mit elektrostatischen Spannungen von bis zu 300 kV gearbeitet wird. Weiterhin ist die Anlage aufgrund der hohen Lösungskonzentration als Ex-Bereich anzusehen.

Bevor die Lichtleitfaserdetektoren entwickelt wurden, machten insbesondere die Hochspannungsfelder den Einsatz von konventionellen Flammenfeldern direkt an den Maschinen unmöglich. Man mußte sich folglich darauf beschränken, eine Raumüberwachung vorzusehen. Es leuchtet ein, daß die Flammendetektion dadurch erheblich verzögert wurde - insbesondere, wenn es innerhalb der Maschinengehäuse zu Entzündungen kam. Die angeschlossenen automatischen Löschanlagen wurden somit zu spät ausgelöst, und man mußte sich darauf beschränken, die Lackierkabine als Ganzes zu schützen. Die betroffene Maschine war mit Sicherheit zerstört.

Durch die meist vorgesehene Zweimelderabhängigkeit und die vorgeschriebene Zeitverzögerung bei der Auslösung von CO<sub>2</sub>-Löschanlagen wurde die Löschung zusätzlich verlangsamt. Im Brandfalle war folglich mit umfangreichen Schäden an der Gesamtanlage und mit mehrwöchigen Stillstandszeiten für die



betroffene Lackierstraße zu rechnen. Was dies in der Automobilindustrie bedeutet, braucht hier sicher nicht erläutert zu werden.

Als mögliche technische Lösung bot sich der Einsatz der Lichtleitertechnik an. Die empfindliche Elektronik konnte aus dem problematischen Bereich verbannt werden. Der Lichtleiter konnte überall ohne Berücksichtigung von Ex-Schutzvorschriften installiert werden. Dabei ist das Glasfasermaterial unempfindlich gegenüber Hochspannungsfeldern.

## 2. Theorie der Lichtleitfasertechnik

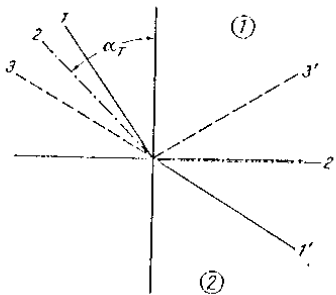
An dieser Stelle kann kein umfassender Einblick in die Theorie der Lichtleitfasertechnik gegeben werden. Die folgenden Erläuterungen dienen daher nur dem groben Verständnis der Materie.

Die Funktion des Lichtwellenleiters - so die korrekte Bezeichnung - beruht auf dem Prinzip der Totalreflexion. Wenn ein Lichtstrahl aus einem optisch dichteren Medium an die Grenzfläche eines dünneren Mediums gerät, so kommt

es zum Effekt der Totalreflexion. Dies gilt jedoch nur für Strahlen, die schräg auftreffen und den sogenannten Grenzwinkel der Totalreflexion nicht überschreiten. Dieser Winkel hängt vom Verhältnis der Brechungsindizes (Brechzahlen) der beiden Medien ab. Dabei gilt das folgende Verhältnis:

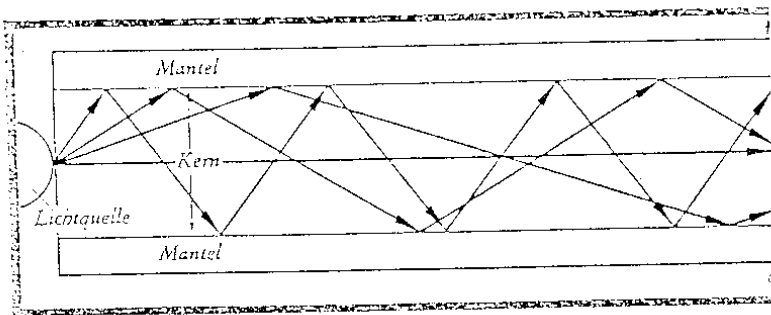
$$\sin \alpha = n_2/n_1$$

Abb. 2.1



Lichtwellenleiter bestehen aus einer Vielzahl einzelner Fasern. Die einzelnen Fasern weisen einen Kern-Mantel-Aufbau auf, wobei der fadenförmige Glaskern aus optisch dichterem und der Mantel aus dünnerem Material besteht. Der Strahlenverlauf innerhalb einer einzelnen Faser ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Abb. 2.2



Ein großes Problem bei der Verwendung von Lichtwellenleitern ist das Phänomen der Dämpfung, also die Abnahme der Lichtleistung von Anfang bis Ende eines Lichtwellenleiters. Die Dämpfung ist wegen verschiedener Einflüsse von der Wellenlänge des Lichtes abhängig. Solche Einflüsse können sein:

- a) Streuung des Lichtes an den Molekülen des Lichtleiterkerns bzw. an den Materialbeimengungen.
- b) Verunreinigungen im Kernmaterial
- c) Fertigungstoleranzen
- d) Mikrokrümmungen und Biegungen bei der Installation

Bei der praktischen Anwendung der Flammendetektion hat sich gezeigt, daß der Dämpfungseffekt die maximale Detektorlänge auf ca. 15 m begrenzt. Weiterhin ist zu beachten, daß man Detektoren unterschiedlicher Länge nicht ohne spezielle Vorkehrungen an eine gemeinsame Auswerteelektronik anschließen kann, da die Empfindlichkeit der beiden Melder stark voneinander abweicht.

3. Anforderungsprofil - Eigenschaften des Melders:

Für den Lichtleitfaserdetektor gibt es ein klar umrissenes Anforderungsprofil, das in den folgenden Punkten zusammengefaßt werden kann:

- a) Der Faserstrang muß auf Unterbrechungen überwacht sein.
- b) Aufgrund der Einsatzbedingungen (Farbnebel) ist der Helder auf Sichtfähigkeit zu überwachen. In speziellen Fällen muß er zusätzlich gegen Verschmutzung geschützt werden. Die Sichtfähigkeitsüberwachung muß so eingestellt sein, daß eine Störungsmeldung bereits frühzeitig erscheint. Es ist sicherzustellen, daß eine sichere Flammenerkennung zu diesem Zeitpunkt trotz Verschmutzung noch möglich ist.
- c) Die gesamte Elektronik muß abgesetzt installiert sein.
- d) Der Helder ist gegen mechanische, thermische und chemische Einflüsse zu schützen.
- e) Er muß biegsam sein. Ermüdungserscheinungen, z.B. bei der Installation an einem Roboterarm, dürfen nicht auftreten.
- f) Je nach Umgebungsbedingungen muß die Helderempfindlichkeit einstellbar sein, um jeweils optimal detektieren zu können.

Alle genannten Anforderungen werden von dem Detektor Typ IR 2-LF erfüllt. Mittlerweile sind ca. 2000 dieser Helder weltweit im Einsatz. Sie haben sich dabei hervorragend bewährt.

#### 4. Melderaufbau und -funktion

Das System besteht zum einen aus dem Lichtleitfaserdetektor selbst und einer Verstärkereinheit, an den er angeschlossen wird. Dabei ist es je nach Verstärkertyp möglich, bis zu 10 Detektoren an einen Verstärker anzuschließen.

Der Detektor (siehe Abb. 4.1) besteht im wesentlichen aus zwei Glasfasersträngen mit verschiedener Dicke, die von einer gemeinsamen Polyäthylenhülle umgeben sind. Der dickere Strang (3) dient der Flammendetektion, d.h. das am Melderkopf einfallende Licht wird durch diesen Strang geleitet. An der verstärkerseite endet die Faser in einem Detektorstecker. Innerhalb dieses Steckers werden die einfallenden Lichtstrahlen durch ein optoelektronisches Element (12) in elektrische Signale umgewandelt und so an den Verstärker weitergegeben.

Über eine Leuchtdiode (13) wird in einem regelmäßigen Zeitrhythmus ein Lichtsignal erzeugt, das über den dünneren Faserstrang (2) zum Detektorkopf (1) gelangt. Nach dem Prinzip einer Lichtschranke dient es hier der Eigenüberwachung des Melders.

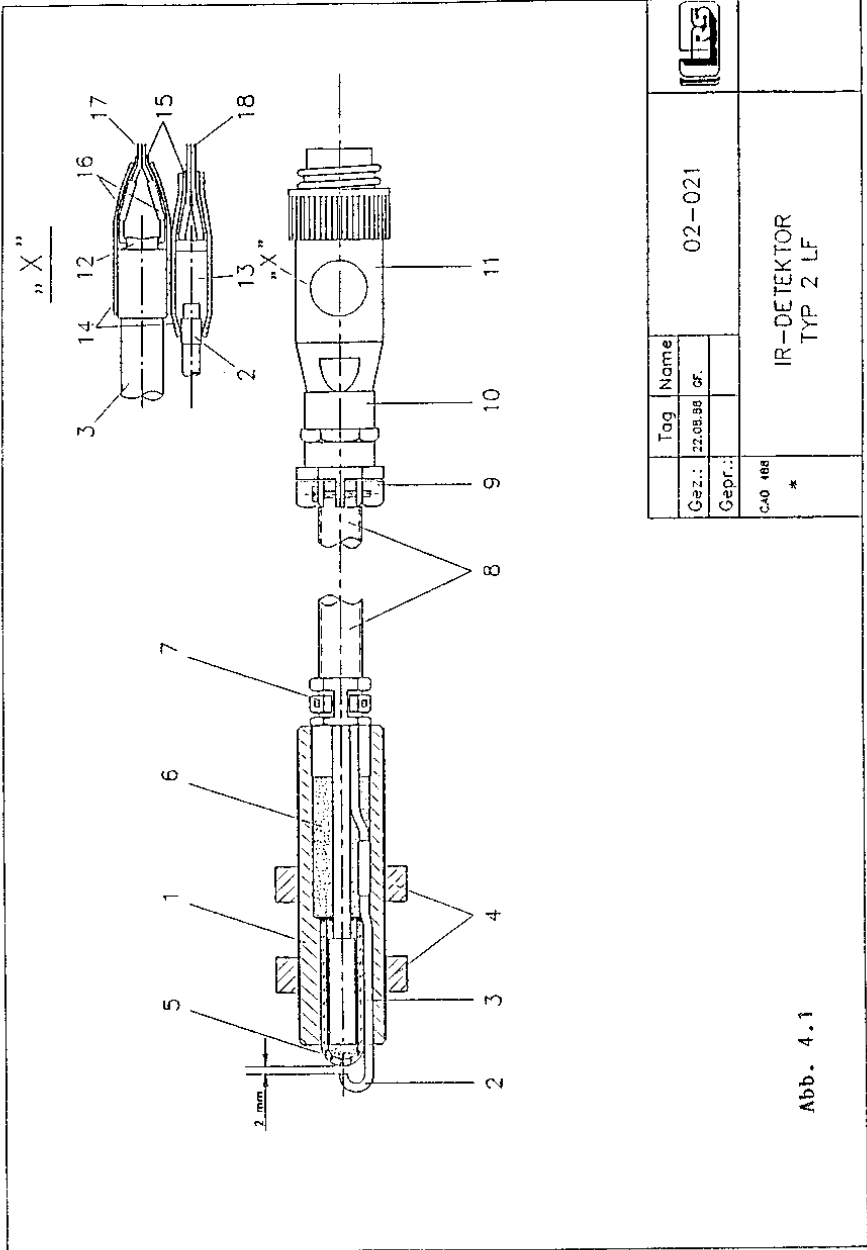


Abb. 4.1

Tag		Name	
Cez.: 22.08.88		of.	
Gepr.:			
C40 468		02-021	
*		IR-DETEKTOR TYP 2 LF	

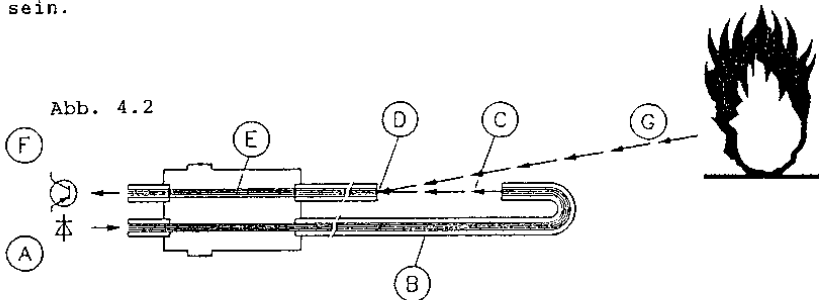
#### 4.1 Eigenüberwachung

Das Prinzip der Eigenüberwachung wird in der schematischen Abbildung 4.2 verdeutlicht:

Das Testlichtsignal wird von der Diode A erzeugt und gelangt über B, C, D und E zur Empfangsdiode F. Wird dieser Impuls nicht empfangen, so meldet der Verstärker "Störung".

Da die Strecke C,E eine mechanisch offene Luftstrecke am Detektorkopf ist, unterliegt sie den örtlichen Umgebungskriterien (z.B. Lacknebel in der Lackierkabine).

Die "Störung" kann nur durch eine unzulässig starke Verschmutzung des Detektorkopfes oder durch mechanische Beschädigung des Lichtleitfaserkabels hervorgerufen worden sein.



Elektrischer Stecker m.  
Sende- u. Empfangsdiode

Detektorkopf



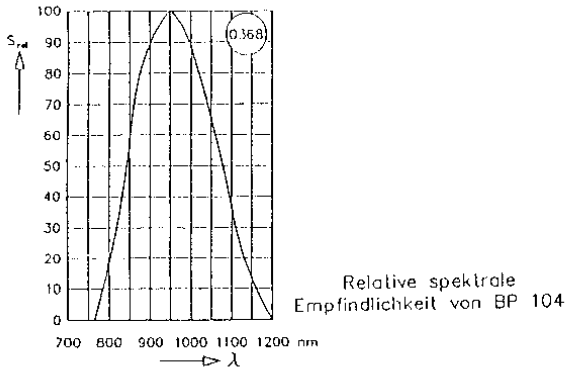
#### 4.2 Empfindlichkeitseinstellung

Um eine optimale Flammendetektion bei hinreichender Täuschungsalarmsicherheit zu erreichen, ist die Systemempfindlichkeit im Verstärker vierstufig einstellbar. Diese Empfindlichkeitseinstellung beeinflusst nicht das einfallende Signal sondern lediglich die Auswertelektronik im Verstärker.

#### 4.3 Flammendetektion/Signalauswertung

Die Flammendetektion erfolgt mit Hilfe einer einfachen lichtempfindlichen Diode, die mit einer optischen Filterschicht versehen ist. Die maximale Empfindlichkeit liegt bei einer Wellenlänge von 950 nm, also im infraroten Bereich (siehe Abb. 4.3).

Abb. 4.3



Im Gegensatz zu herkömmlichen Meldern erfolgt die elektronische Signalauswertung nicht im Pulsverfahren. Ein eintreffendes Signal wird analog weitergeleitet. Bei Überschreiten einer einstellbaren Schwelle wird sofort Alarm ausgelöst.

Hierbei wird eine etwas verringerte Fehlauflösungsicherheit bewußt in Kauf genommen. Bei der Projektierung von Objektlöschanlagen kann man Fehlauflösungen durch die geeignete Anordnung und Ausrichtung der Melder sicher ausschließen.

#### 5. Technische Daten

Typenbezeichnung:	IR 2-LF
Maximale Detektorlänge:	15 m
Standardlängen:	8 m und 15 m
Wellenlänge:	950 nm
Zulassungen:	FM - Factory Mutual
Temperaturbereich:	-10 bis + 70 Grad Celsius
Sonderausführung:	-50 bis + 240 Grad Celsius
Ex-Schutz:	nicht erforderlich
anschluß:	Verstärker Typ LF oder Kompaktzentrale Typ K4
Anschluß an Fremdzentralen:	über speziellen Verstärker Typ LFX
Richtcharakteristik (Sichtwinkel):	siehe Abb. 5.1

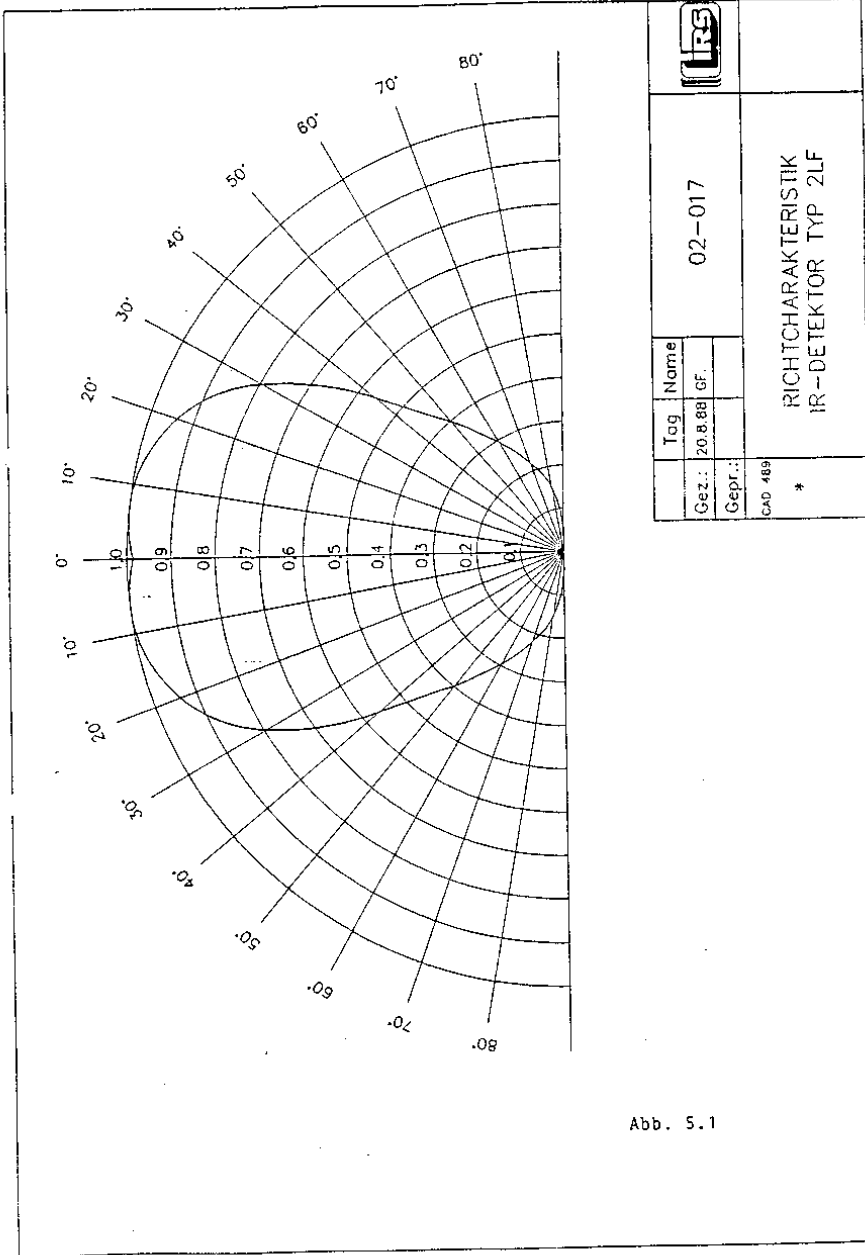


Abb. 5.1

## 6. Anwendungsbeispiele

Neben dem schon beschriebenen Einsatz in Lackieranlagen und Lackierstraßen eignet sich der Melder insbesondere zur Überwachung von automatischen Prozessen auch innerhalb von Maschinengehäusen.

Dies gilt insbesondere bei vorhandenen brennbaren Flüssigkeiten. Im Zusammenwirken mit schnellwirkenden automatischen Brandunterdrückungsanlagen können hier Brände innerhalb von Sekundenbruchteilen erkannt und gelöscht werden. Dadurch wird das Objekt selbst und nicht nur - wie z.B. bei Sprinkleranlagen - das Gebäude vor Brandschäden geschützt.

Beispiele für konkrete Anwendungen sind:

Ölgekühlte Werkzeugmaschinen

Lagerbehälter

Funkenerodiermaschinen

Lacklager

Motorenprüfstände

Beflockungsanlagen

Galvanisierungsanlagen

Holzbearbeitungsmaschinen

Fettfriteusen

u.v.a.m.

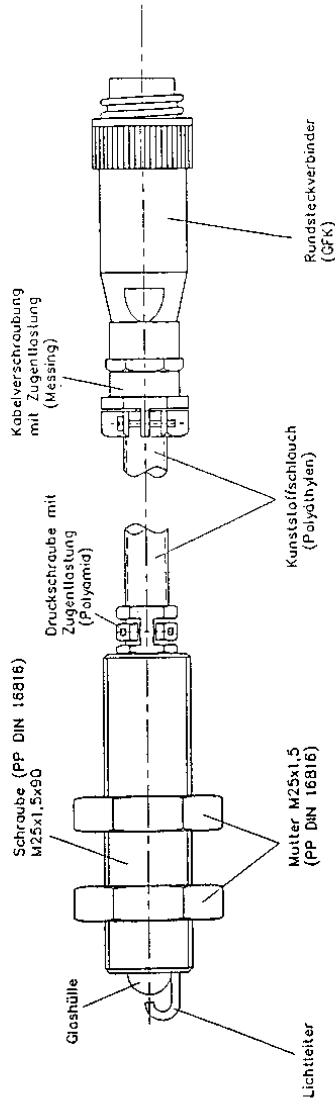
## 7. Zusammenfassung

Automatisierte Verarbeitungsprozesse bedürfen neuer Brandschutzsysteme, die möglichst auch sehr kleine Schäden verhindern, damit es zu keinem Produktionsstillstand kommt. Wichtigste Voraussetzung ist die blitzschnelle Branderkennung. Hierfür wurden Infrarot-Flammendetektoren entwickelt, die das Brandsignal über Lichtleitkabel an die Zentrale übermitteln und dort den Löschvorgang auslösen. Der Melder und die elektronische Auswertung reagieren im Millisekundenbereich.

Der wesentliche Vorteil des Flammendetektors in Lichtleitfasertechnik besteht darin, daß Störimpulse (z.B. durch hochspannungsführende Leitungen beim elektrostatischen Lackieren) die Übertragung der Brandsignale durch die Lichtleitkabel nicht stören können. Ebenso lassen sie sich in besonderen Gefahrenbereichen einsetzen, wie z.B. im Ex-Bereich oder in temperaturbelasteten Zonen.

Ein wichtiges Ausstattungsmerkmal ist, daß die Sichtfähigkeit des Detektors ständig überwacht wird. Verschmutzungen oder mechanische Beschädigungen werden damit sofort als Störung angezeigt.

Praktische Einsatzbereiche sind die Überwachung von Maschinen und Anlagen sowie die Ansteuerung schnell reagierender Objektlöschanlagen in automatisierten Prozessen.



		Tag	Name
		Gez.: 15.8.88	Gf.
Gepr.:		CAD 482	
		*	
		02-020	
		IR-DETEKTOR TYP 2 LF	

L. Falco, P. Debergh

Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique S.A.  
CH-2007 Neuchâtel (Switzerland)

### Optical Fiber Alarm system

#### **Abstract**

A fire alarm detection system by measuring the elevation of temperature is presented.

The sensor element is a telecommunication optical fiber on which a periodically interrupted metallic coating is deposited.

The transducer mechanism is based on the optical power loss of the guided light beam due to the microbending induced by the bimetallic effect. The measurement of the loss distribution is realized by optical reflectometry. The spatial resolution is 10 m and the measurable length of fiber can be some km.

#### **1. Introduction**

The application of fiber optics in the field of the measurement of physical parameters is well known. In particular, for the measurement of temperature, the advantages in regard to conventional electronic and pneumatic systems are evident because a single optical fiber can assure the measurement of the axial temperature distribution with a spatial resolution of some meters. A single optical fiber can replace a great number of point sensors.

Several transducer mechanisms are known:

- The measurement of the fluorescence of a fiber doped with rare earth elements. Parameters as the intensity or the decay time of the fluorescence depend on temperature.
- Measurement of the Raman scattering. The intensity of the anti-Stokes diffusion is very dependent on temperature. The measurement is delicate due to the very low intensity levels.
- The measurement of the losses due to the temperature dependence of the difference of the indexes of refraction between the core and the cladding of the fiber. It is then necessary to make a fiber with 2 different materials and with a low absorption.

For the application of fire surveillance there is however no need

for high sensitivity or great dynamic range. Also, the proposed detection system takes advantage of the properties of multimode telecommunication fibers.

If a multimode graded index fiber is bended with a particular spatial period, the guided light beam can be highly attenuated. The spatial period corresponds with a beat frequency of the propagation modes of the fiber. It is thus sufficient to induce a temperature dependent amplitude modulation by the bimorphous effect. In the proposed system this is realized by a periodically interrupted complementary metal layer deposited on the coating of the fiber. The periodicity is determined by the calculated spatial frequency. The measurement of the loss of transmitted power is related to the temperature of the deposited structure. By means of optical reflectometry (OTDR) it is then possible to determine the temperature distribution along the fiber with a resolution of 10 m or less for a length of fiber of some kilometers.

## 2. The optical fiber as temperature sensor

### 2.1 The optical fiber

An optical fiber consists of a fused quartz wire with a typical diameter of 125  $\mu\text{m}$  and a doped center (core) that has a higher index of refraction. A beam of light is guided in this region by internal reflection and never comes to the surface of the fiber. The fiber is coated with an appropriate plastic material that protects the fiber and enhances its mechanical resistance. This configuration has two advantages:

- Low losses of the transmitted optical power (0.5 to 2.5 dB/km depending on the wavelength of the guided light). This property is affected on the purity of the material.
- Immunity in regard to several physical perturbations. The effects of these perturbations can slightly change the refractive index of the fiber, and this can only be detected by interferometric techniques.

In order to make a sensor with a fiber, it is thus necessary to modify the structure, either by doping the core of the fiber, or by mechanical action inducing radiation losses. The second mechanism is used here.

### 2.2 Microbending

Under the action of a periodical geometrical perturbation, a considerable loss will be induced if the spatial frequency corresponds to the common beat frequency between the propagation modes of the fi-



ber. This parameter can be calculated /1/ and measured by means of a mechanical press that can bend the fiber with a variable period. This is typically 1.5 mm.

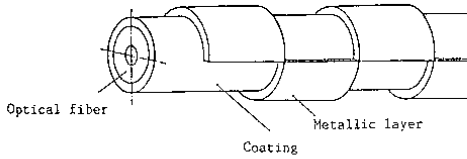


Figure 1. Fiber with multimorph structure

In the case of a sinusoidal perturbation, the radiated power is proportional to

$$F(\Delta\beta) = a^2 L \left\{ \frac{\sin[(\Delta\beta - \Delta\beta_c)L]}{(\Delta\beta - \Delta\beta_c)L} \right\}^2 \quad (1)$$

with  $a$  = modulation amplitude

$L$  = perturbation length

$\Delta\beta_c = \frac{2\pi}{\Lambda_c}$ ,  $\Lambda_c$  = wavelength of the resonant perturbation

$\Delta\beta = \frac{2\pi}{\Lambda}$ ,  $\Lambda$  = wavelength of the applied perturbation

Two important facts have to be noticed:

- the radiated power is proportional to the square of the modulation amplitude
- the width of the resonance peak diminishes as the length  $L$  of the interaction becomes greater.

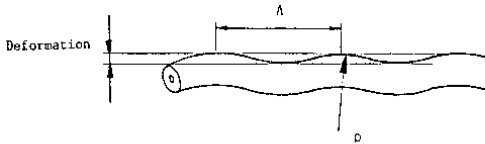


Figure 2. Undulated fiber under stress

A temperature sensor can be realized when the amplitude modulation is made depended of the temperature, as is the case with a supplementary periodical metallic coating deposited as a succession of bi-

metallic elements.

### 2.3 Technology

Several criteria have to be considered for the choice of the metallic components of the bimorphous device:

- facility of deposition: this requirement is important because the metallization of the plastic coating has to be realized over a length of several kilometers.
- malleability: if the metal is too hard and brittle it is not possible to obtain small radii of curvature and the lifetime of the sensor can be severely reduced due to repeated thermal cycles. On the contrary, if the metal is too soft the required thickness of the layers is much greater, which results in a too high longitudinal stress so that the sensitivity will not be sufficient.
- small deposition stresses: if the deposition technique or the type of the metal induces an initial mechanical stress, there will be an initial loss at ambient temperature. This reduces the dynamic range and limits the length of the sensor.

The relation between the sensitivity, given by the ratio of the deformation amplitude per degree of temperature variation and the thickness of the layers for the different fibers, is given by /2/:

$$\frac{dc}{dT} = - \frac{y \sum_{i=1}^{n-1} (\alpha_i - \alpha_n) S_i E_i}{\left( \sum_{i=1}^n E_i I_i \right) \left( 1 + \left( \sum_{i=1}^{n-1} S_i E_i \right) \left( \frac{y^2}{\sum_{i=1}^n E_i I_i} + \frac{1}{S_n E_n} \right) \right)} \quad (2)$$

- $I_i$  = inertial moment
- $S_i$  = section
- $\alpha_i$  = thermal expansion coefficient
- $E_i$  = elasticity modulus
- $\sigma_i$  = stress
- $\epsilon_i$  = relative linear expansion
- $T$  = temperature variation
- $y$  = distance of the center of gravity from layer  $n$  to the axis
- $\rho$  = radius of curvature
- $c = 1/\rho =$  curvature

An illustration of this relation for a 125  $\mu\text{m}$  fiber and a coating of polyimide and copper is represented by fig. 3:

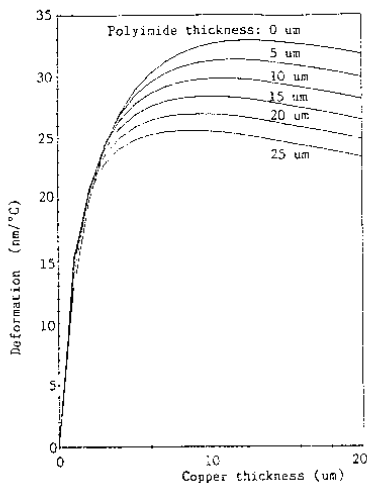


Figure 3. Deformation in function of the layers thickness

It can be deduced that for commercial fibers with a polyimide layer of 10  $\mu\text{m}$ , a maximum sensitivity is obtained with a metallic layer of 4  $\mu\text{m}$  approximately. Further, in this part, the sensitivity is practically independent of the thickness of the metal, which is a considerable advantage in that one does not have to control it precisely. It can be noticed that the calculated thickness of the metallic layers are technologically quite acceptable; they are generally less than 20  $\mu\text{m}$ . Electroless and galvanic deposition techniques can thus be used. Sputtering techniques can also be used because a layer with a 1-2  $\mu\text{m}$  thickness only reduces the sensitivity by a factor of 3 typically (Fig. 3).

Experimentally, two processes have been tried: chemical electroless metallization and sputtering. The results indicate an advantage for the second method: the adherence of the metallic layer on the plastic coating is better and it is easier to choose the type of the plastic support and the deposited metals.

The thickness of the deposited metal with this method is quite small, but this is not an inconvenience as the obtained sensitivity is still sufficient. Moreover, the sensitivity can easily be enhanced by depositing a complementary coating by galvanic techniques.

The main difficulty resides in the choice of the plastic coatings that can be obtained with telecommunication fibers of the market. Most of them are coated with nylon or acrylate and that begin to flow at temperatures higher than 80°C. On the contrary, polyimide coated fibers, which have appeared recently on the market, can withstand temperatures of 380°C. We notice the existence of aluminum coated fibers that are still better adapted for the temperature requirements but which represent two main disadvantages: a too high intrinsic attenuation, superior to 6 dB/km, and a low mechanical resistance to traction forces.

The different experiments have demonstrated that the best bimorph structure is obtained by a polyimide coated fiber with a copper layer.

The temperature that corresponds to the operation point of the curve has to be adjustable. To realize this, the fiber is refrigerated by a liquid N<sub>2</sub> system before entering in the plasma zone of the sputtering system, so as to reduce the temperature of the bimorphal systems. A galvanic treatment could eventually be adapted to enhance the thickness of the metal layer.

The periodical structure is realized continuously by a classic photoetching technique.

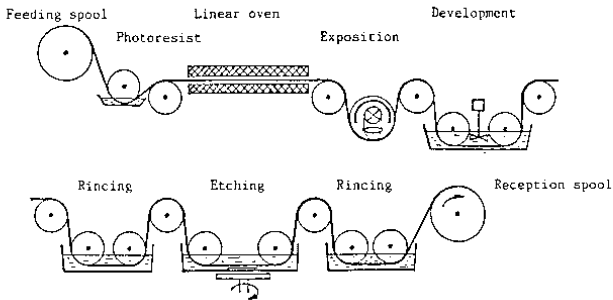


Figure 4. In-line etching bench

## 2.4 Experimental

The preliminary experiments were made in order to verify the basic hypotheses and the proposed models, in view of obtaining an optimal solution for the fabrication of the sensor. The measurements are made on fibers with lengths between 10 and 100 m. The test fiber is placed in a PC controlled thermostatic oven, and the temperature range set between -20° and + 100°C. The measurements are made in transmission.

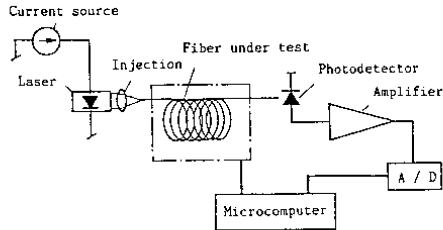


Figure 5. Experimental set

The fiber is then submitted to a series of thermal cycles, with the acquisition of the attenuation measurement performed only during the ascending part of the temperature cycle. The presentation of the results is in the form of a graph with the attenuation (dB/km) plotted in function of the temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Two fibers that have been treated with the two processes are represented as an example:

a) Acrylic coated fiber (see fig. 6)

This fiber, metallized by sputtering without refrigeration, shows the two drawbacks that were expected:

- the operation temperature, for which the losses are minimal, is too high
- the plastic flow induces a displacement of the curve after the first measurement and is detectable even with the thin plastic coating

b) Polyimide coated fiber (see fig. 7)

The cooling to about  $-80^{\circ}\text{C}$  during the sputtering phase has reduced the operation temperature, but its adjustment is not yet satisfactory.

The sensitivity obtained in Fig. 7 is somewhat too high. This allows to obtain a better measurement precision, but has the disadvantage to reduce the dynamic range, and thus the maximal measurable fiber length. The goal that has to be obtained is to detect an elevation of temperature of about  $5^{\circ}\text{C}$  for a length of 10 to 20 m, taking into account a measurable limit of the attenuation of about 0.1 dB.

As we already stated, the adjustment of the sensitivity is obtained by a variation of the thickness of the metal layer.

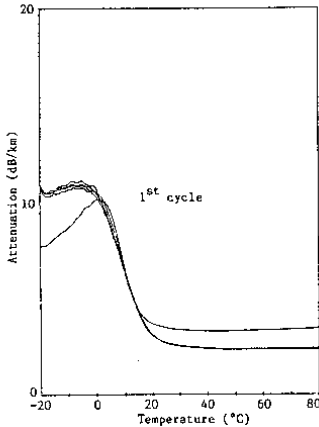


Figure 6. Attenuation in function of temperature for an acrylate coated fiber.

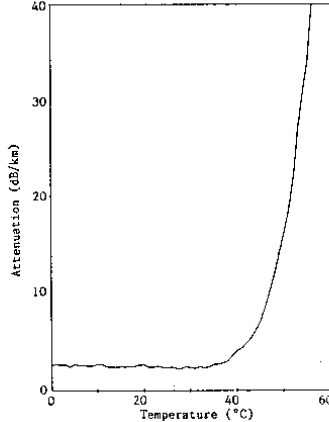


Figure 7. Attenuation in function of temperature for a polyimide coated fiber

### 3. Design of the system

#### 3.1 Optical Time Domain Reflectometer

Optical reflectometry is a technique that is used for the characterization of fibers and also for fiber sensor applications. A short optical pulse (100 ns typically) is sent in the optical fiber and the temporal evolution of the retrodiffused intensity is measured. The retrodiffusion is due to Rayleigh scattering on microdefects of the guiding fiber material. The delay between the emission and the reception of a signal from a particular region of the fiber corresponds to the total transit time in the fiber, and the slope of decay of the signal gives the local attenuation. The spatial resolution is given by the width of the pulse. A width of 100 ns corresponds to 10 meters in the fiber. A compromise has to be made between the resolution and the dynamic range, which defines the maximal measurable fiber length. In fact, when the pulse duration is too short, the transported energy is lower and the distance for which the retrodiffused light becomes not measurable anymore is reduced.

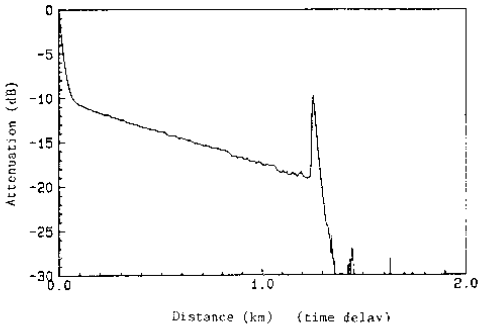


Figure 8. Example of an OTDR response

A particular analysis has to be made for our application, because we are only interested in phenomena that produce a rapid change of the attenuation, as these are only ones that can be due to fire. The more slowly variations are due to climatic effects.

A filtering of the measured function can easily be performed by a digital electronic treatment.

### 3.2 The optical cable

The optical fiber with its primary coating is too delicate to be used directly, so that a secondary coating is necessary.

The best solution is to introduce the fiber in a tube with a gel. This is a solution that has been adapted for telecommunication fibers, and is interesting in our case because the fiber can relax itself completely. However, this complementary protection reduces the calorific diffusion so that the response time of the system becomes longer.

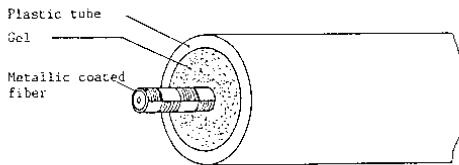


Figure 9. Optical cable

A thermal analysis /3/ allows to determine the temporal response for such a system. It can be deduced that this time only depends on the nature and the dimension of the cable, but equally on the conditions of transmission of the temperature step: radiation, air flow velocity, etc...

In the realistic case of a turbulent air flow around the cable, a response time of 40 s can be obtained for a plastic cable with a diameter of 10 mm. This delay, which can be considered as the maximal acceptable one, determines the maximal tolerable diameter of the fiber. It could be reduced by means of a special gel with a higher thermal conductivity.

#### 4. Conclusions

We have presented a fire detection system using an optical fiber that has been made sensitive to temperature by a periodical perturbation of its structure.

The system detects an elevation of temperature of some degrees with a spatial resolution of 10 m and a time constant less than 1 mn. The maximal measurable fiber length can reach some kilometers.

The electronic treatment of the signal assures the filtering between rapid changes of temperature, for which the alarm system has to be activated, and the slow variations which depend on climatic conditions.

#### 5. Acknowledgments

We would like to thank the company Securiton AG, Alarm und Sicherheitssysteme (Zollikofen, Switzerland) and the "Commission pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique" (CERS) for the financial support of the project under N° 1530. The continuous metal deposition has been realized by Flühmann AG (galvanic techniques) and Vacotec (sputtering), who are gratefully acknowledged.

#### References

- /1/ D. Marcuse "Losses and Impulse Response of a Parabolic Index Fiber with Random Bends"  
Bell Syst Tech. J. 52 1423-1437 (1973)
- /2/ L. Falco, P. Debergh "Bimorphous distributed transducer for temperature threshold sensor"  
Int. Congress on Optical Science and Engineering SPIE
- /3/ HS. Carslaw, JC. Jaeger "Conduction of Heat in Solids"  
Clarendon Press Oxford (1959)

LFa/jcn  
May 1989.



George F. Skala

Environment|One Corporation, Schenectady, New York U.S.A.

## THE IFD II — A NEW GENERATION FIRE DETECTION SYSTEM

### INTRODUCTION

The design of the IFD II (*Incipient Fire Detector*) is the outgrowth of experience with equipment built in the early 1970's which demonstrated the feasibility of applying the Wilson Cloud Chamber principle to the detection of submicrometer particles generated by incipient combustion in various forms.

The cloud chamber has been in use for many years to detect and count particles in the size range from .002 micrometer (20 Å) diameter to 1 micrometer diameter. These particles are often referred to as condensation nuclei or Aitken nuclei. For fire detection applications the size range of interest is from about .01 micrometer to .2 micrometer. Extremely small particles coagulate very rapidly when formed, at high concentrations, from heated material, so that by the time the concentration is diluted by ambient air there are likely to be few particles smaller than .01 micrometer. Although the cloud chamber will respond to particles larger than .2 micrometer, the concentration of particles above this size range will be negligible relative to the concentration of the smaller particles.

In discussing the sizes of submicrometer particles, it is generally assumed that the specified diameter is of an equivalent spherical aerosol which will react in the same manner as the aerosol under consideration. This is done partly for convenience, but mostly out of ignorance of the true shape or composition of the particles which make up an aerosol. Initially, those particles formed by condensation of a liquid may be spherical, but after several stages of coagulation their shapes can be anywhere from that resembling a bunch of grapes to a string of sausages. Therefore, a particle diameter referred to in this discussion may not be closely related to any of the dimensions of the actual particle.

The IFD II uses an air sampling system to monitor four zones. The sampling air flow from each zone is 14 liters per min. (lpm), for a total flow of 56 lpm. Typical alarm level particle concentration is  $.5 \times 10^6$  particles per milliliter (N/ml). In order to place in perspective the amount of material involved, assume an aerosol concentration of  $.5 \times 10^6$  N/ml (alarm level), with an equivalent diameter of .01 micrometer. At this concentration the air would still appear to be perfectly clear, because the particles are so much smaller than the wavelength of light. With this aerosol being drawn into the detector at a rate of 56 lpm, it would take 130 years to draw in a total particle volume of one ml. The total sample air drawn in during this time would weigh 4,400 metric tons!

One of the areas of improvement of the IFD II has been in reducing the number of mechanical components. For example, where five motors and two gear trains were used originally, there are now two motors and no gear trains. Access for service has been improved by the use of a larger cabinet ( $508 \times 610 \times 219$  mm), and a diagnostic system which monitors all critical functions has been added. Figures 1 and 2 show the IFD II with the cabinet door open and closed.

### SUBMICROMETER PARTICLES AND INCIPIENT COMBUSTION

Submicrometer particle detection is the most universal and sensitive method for the detection of incipient combustion (1). As combustible material is heated, a critical temperature is reached where particle production goes from zero to a typical level of  $10^9$  particles per square centimeter per second. The critical temperature is usually well below the ignition temperature, and also before visible smoke is produced. If heating continues to the ignition point, larger numbers of even smaller particles are produced due to more rapid dilution caused by flame induced convection.

Reference 2 describes a test in which an  $\alpha$  cellulose (cotton linter) disk .8 mm thick by 6 mm diameter was heated in a chamber with a volume of  $1.8 \text{ m}^3$ . Heating rate was about  $100^\circ\text{C}/\text{min.}$ , from room temperature to  $600^\circ\text{C}$ . Ignition occurred when the partially pyrolyzed specimen reached about  $550^\circ\text{C}$ . The size distribution of the aerosol, which contained a mixture of particles from the smoldering and flaming source, was measured at various times. Figure 3 shows the cumulative size distributions at 5 and 30 minutes, which were taken from the incremental size distributions of Figure 11 of reference 2.

At 5 minutes, a cloud chamber detector which responded to  $.01 \mu\text{m}$  and larger particles would see a concentration of about  $.6 \times 10^6 \text{ N/ml}$ . A light scattering detector, which responds only to sizes larger than about  $.15 \mu\text{m}$ , would see  $25 \times 10^3 \text{ N/ml}$ . For the 30 minute aerosol, the cloud chamber would see a concentration of  $.25 \times 10^6 \text{ N/ml}$ , 42% of the 5 minute concentration, while the light scattering detector would see  $20 \times 10^3 \text{ N/ml}$ ; 80% of the 5 minute concentration. This illustrates the relative persistence of the larger ( $>.1 \mu\text{m}$ ) particles compared to those in the  $.01 \mu\text{m}$  range. Because of a low coagulation rate, and slow gravitational settling (7 to 59 cm/day), particles in the  $.1$  to  $.4 \mu\text{m}$  size range are the most stable and persistent in the atmosphere. They are not removed by the usual filters used in heating and air conditioning systems, and therefore can be expected to make up a substantial proportion of the background aerosol for most applications, with the possible exception of clean rooms which employ high efficiency absolute filters. In contrast, the more rapid coagulation of the  $.01 \mu\text{m}$  particles will reduce their contribution to the aerosol background from distant and unrelated sources, allowing higher sensitivity to incipient combustion in the protected area while minimizing unwanted alarms.

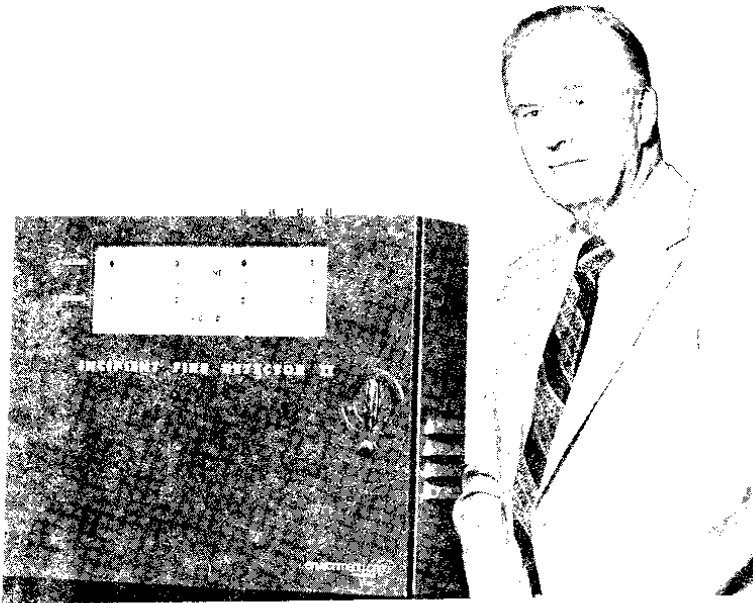


Figure 1. The author with IFD II.

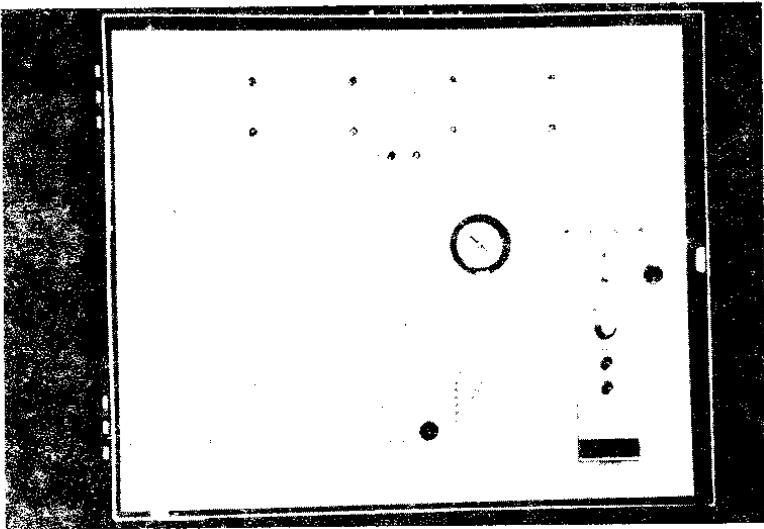


Figure 2. IFD II.

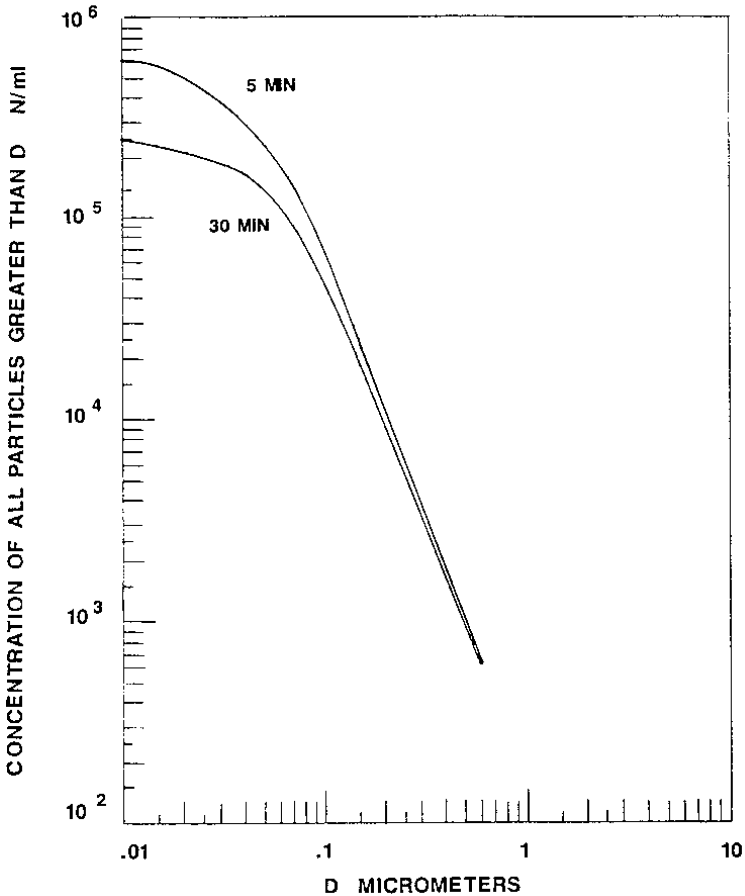


Figure 3. Aging of aerosols from source which progresses from smouldering to flaming.

### THE CLOUD CHAMBER DETECTOR

In the cloud chamber detector the humidified air sample is expanded adiabatically, producing a reduction in air temperature of up to  $20^\circ\text{C}$ . With no particles in the sample the expanded air will remain super-saturated, and there will be no condensation. With particles present they will act as condensation centers, and a water droplet will form around each particle. A  $.01 \mu\text{m}$  particle will grow to a  $4 \mu\text{m}$  water

droplet in about 50 milliseconds, an increase of 160,000 times in cross sectional area. However, because the original particle is much smaller than the wavelength of light, it is virtually invisible, while the 4  $\mu\text{m}$  droplet can be readily detected by a simple and reliable optical system.

The expansion induced amplification is noise-free in that one, and only one droplet is formed on each particle, and where there are no particles, no droplets are formed. Because of this the cloud chamber detector has a very wide dynamic range, being able to detect reliably particle concentrations ranging from a few hundred to over one million N/ml, without resorting to exotic circuit techniques.

The cloud chamber detector used in the IFD II is shown on Figure 4, with the flow schematic and valve sequence on Figure 5. An important change from the earlier design is the addition of valve port B, which allows the chamber to be re-pressurized after the expansion by air that bypasses the humidifier. This prevents a sudden rush of moist air from the humidifier that can entrain water droplets. Also, allowing unhumidified air to enter the cloud chamber following each expansion prevents condensation on the chamber walls and optics (3). This change, together with a design which provides low thermal impedance between humidifier, valve, connecting passages, and cloud chamber has completely eliminated an occasional problem with the earlier design, when a reduction in ambient temperature could result in water droplets entering the cloud chamber, producing spurious signals.

Another new feature is the vacuum reservoir, connected by a short tube to the vacuum port of the rotary valve. This, combined with the small size of the cloud chamber, produces a rapid expansion, closely approaching adiabatic conditions. A rapid expansion is also important in detecting small particles in the presence of large ones, typical of a combustion aerosol. A higher degree of supersaturation is required to detect small particles than that required to detect larger sizes. If the expansion is too slow, condensation will begin first on large particles, removing water from the air, and reducing the supersaturation to the point that the smallest particles will not be detected. A vacuum of 200 mm of mercury is used in the IFD II, resulting in a supersaturation of about 300%, sufficient to detect particles as small as .002  $\mu\text{m}$  diameter.

Vacuum is provided by a vibrator type pump. The amount of vacuum, which is displayed on a gage, is adjusted by varying the pump voltage. The pump is designed with excess capacity, so that it operates at reduced voltage to provide long life. The original pump purchased for evaluation is still operating after 5.9 years of continuous service, with no maintenance required.

The rotary valve is turned by a gearless stepper motor at 60 RPM (72 RPM for 60 Hz operation), replacing a gear type motor formerly used. Although there have been no major problems with the gear motor, the gearless motor should be even more reliable. In addition, it is rated at a higher torque and uses less power, thereby operating with a lower temperature rise. A prototype cloud chamber detector has now been

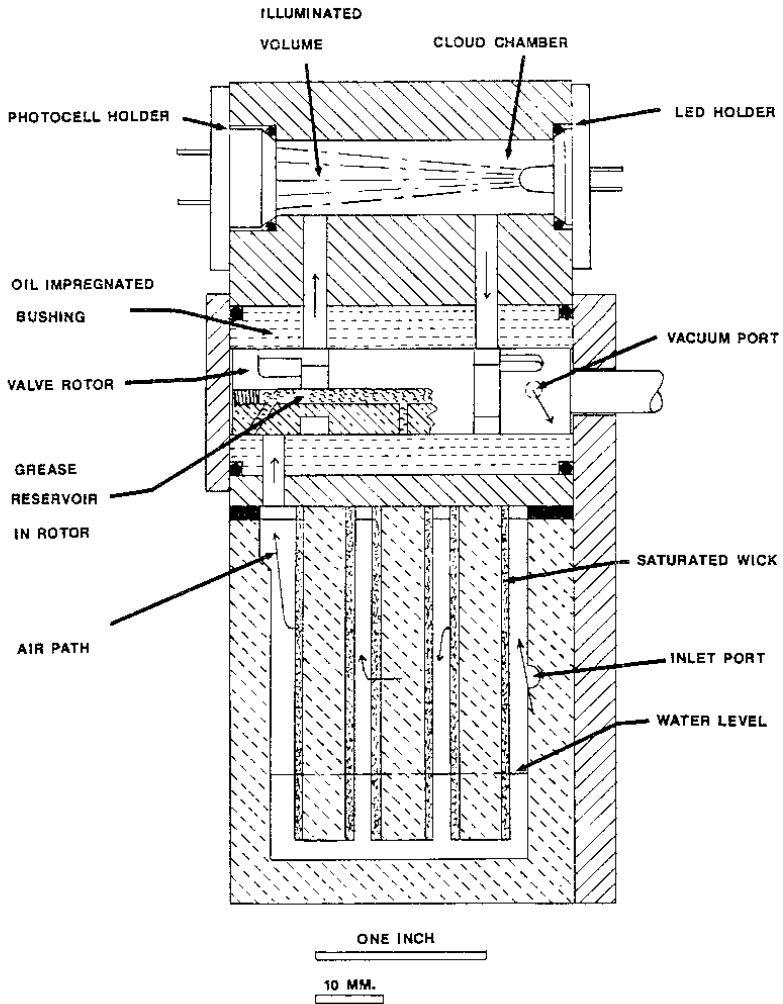


Figure 4. Cloud chamber detector.

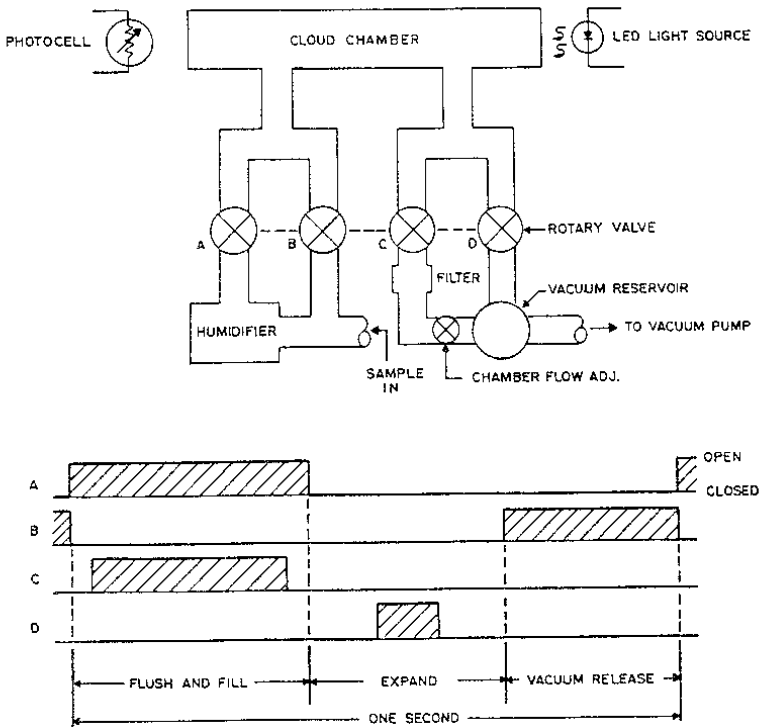


Figure 5. IFD II valve cycle.

in continuous operation for 7.2 years. It was disassembled after 2.8 years, checked for wear, relubricated, and reassembled with all the original parts. For the past 2.3 years it has been operated with a gearless motor under evaluation.

Water level in the humidifier is sensed by a self heated thermistor which controls a solenoid valve. The internal water reservoir holds 3.8 liters, with water consumption about 1 liter per month at normal ambient temperatures. If the water level control calls for water for longer than 19 seconds, a trouble indication is produced, and a diagnostic light signaling the need to refill the reservoir is turned on.

The detector circuit maintains the average voltage across the photoconductive photocell at 4 volts, regardless of slow changes in illumination or cell characteristics. The regulating circuit has a long time constant, and cannot respond to the rapid change in cell resistance produced when droplets in the cloud chamber attenuate the light.

During the approximately 250 millisecond duration of the cloud the photocell current is held fixed, and the change in cell resistance produces a change in cell voltage directly proportional to the change in light level. With this arrangement, the amplitude of the voltage pulse as a function of particle concentration will remain constant over a greater than five to one change in chamber illumination.

The voltage pulses are amplified, peak detected, and applied to a voltage compression circuit which, together with a cloud chamber characteristic that results in a reduced rate of increase in cloud density above a given particle concentration due to water available limitations, produces an approximately logarithmic output, as shown on Figure 6. The output is displayed on a panel meter, and is also available as an external output with a full scale level of 10 volts. The high gain at low particle concentrations makes possible reliable detection at low levels, while still accommodating high concentrations without saturation.

The alarm level is fixed at 80% (8 volts), and amplifier gain is normally adjusted for a particle concentration of  $.5 \times 10^6$  N/ml at this level. However, the gain can be adjusted for an alarm level concentration from about  $.25 \times 10^6$  to over  $10^6$  N/ml. The warning level, normally adjusted to 60%, can be varied between 40 and 80%. Separate warning and alarm indicators and contacts are provided.

Additional sensitivity control is provided by programming resistors which can reduce the warning and alarm particle concentrations by up to a factor of eight. A separate resistor is used for each zone, so that warning and alarm sensitivities can be different for each zone. The resistors can also be switched by a timer, automatically increasing detection sensitivity when buildings are not occupied. With the programming resistor, alarm particle concentration can be set as low as  $30 \times 10^3$  N/ml, providing maximum protection for such installations as clean rooms where the normal particle background is low.

A simple procedure has been developed for adjusting sensitivity in the field, particularly where it is desired to increase it above the factory setting. The warning setting is adjusted to its minimum of 40%, which corresponds to a particle concentration of about 22% of the alarm level. If no warning indication is produced over a sufficient period of time to include all extremes of building activity, the alarm sensitivity is not too high, and an unwanted alarm should not be produced. An alternate procedure is to connect a recorder or data logger to the output terminals to determine the peak particle concentrations.

The detector uses normally occurring background particles to monitor its operation. If detector output should fall below a pre-set level, a diagnostic low sensitivity, and a trouble indication, will be produced. This assures that the humidifier, rotary valve, vacuum pump, and all circuit components are operating.

Because the photocell is operated at constant average voltage, the average current through it is directly related to chamber illumination. This current is monitored, and



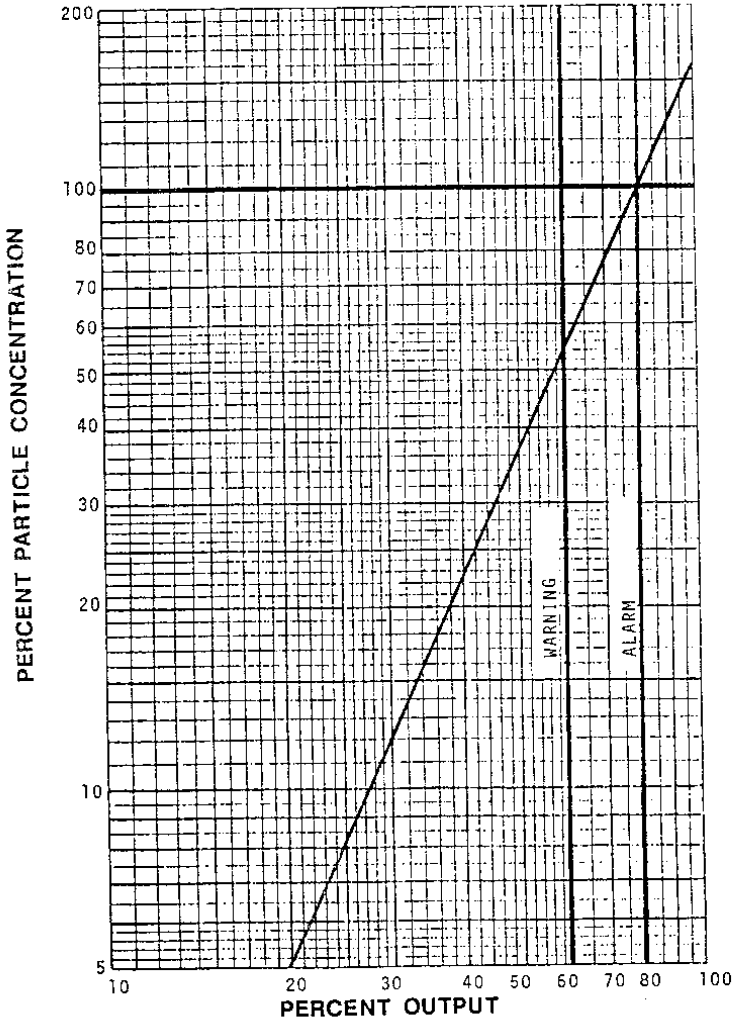


Figure 6. Relative particle concentration vs output.

a reduction of 50% will produce a diagnostic chamber illumination, and a trouble indication, as a signal that the chamber should be cleaned. Fortunately, the rate of reduction of chamber illumination has proven to be minimal. A prototype IFD II monitoring factory and office facilities continuously for 4 years has not yet reached the 50% point in chamber illumination.

### **AIR INDUCTION AND SEQUENCING SYSTEM**

Sample air from the four zones is brought into the detector by a regenerative blower driven by a brushless DC motor. For maximum long term reliability the motor is operated at less than its rated voltage. The flow from each zone can be up to 14 lpm, for a total detector sampling flow of up to 56 lpm.

Each of the zones is sampled sequentially for fifteen seconds, once a minute, by electromechanical valves. Total air flow is monitored by a flow sensor using two self heated thermistors: one is a reference in still air, and the other is in a bypass flow passage. Electrical properties of both thermistors are identical, but their thermal dissipations differ; the one in the flow passage having less dissipation because of its smaller size. When subjected to a given flow, the resistance of the measuring thermistor in the flow passage will be equal to that of the reference thermistor. After the air sampling system has been balanced, an air shutter is adjusted to vary the flow through the bypass passage to equalize the voltages across the two thermistors. Because the balance condition depends on the physical properties of the two thermistors, the setting is very stable (3). The flow output can be displayed on a panel meter, and it will activate the diagnostic and trouble indicators if the flow should deviate above or below the initial setting by more than about 20%.

For test purposes the zone sequence can be placed on hold so that one zone is sampled continuously. When the sequence is stopped, either intentionally or due to a circuit fault, selector circuit diagnostic, and trouble indicators, are activated.

If any of the electromechanical zone selector valves should fail to open or becomes restricted, a vacuum switch in the cloud chamber sampling line will close, producing valve fault and trouble indications. Diagnostic and trouble indications will also result from such anomalies as two zones sampled at one time, missing relay or circuit board, reset switch held on, test switch in test position, and low supply voltage.

### **AIR SAMPLING SYSTEMS**

If the detector is the heart of the fire warning system, the air sampling system comprises the arteries. For proper operation the system must be correctly designed, installed, and maintained. To aid in the design, graphs of pressure drop and transit time vs. tubing diameter for various flow rates have been prepared. To assure equal sensitivity for all protected areas, from near the detector to the farthest sampling point, each head on a given zone must have approximately the same flow. This is particularly important where there is restricted ambient air flow between protected areas.

The various types of sampling arrangements used with the IFD II are shown on Figure 7. The maximum allowable tubing drop for each zone is 85 mm of water. If the maximum transit time is limited to 60 seconds, the farthest head can be about 70 m from the detector. The maximum number of heads on each zone is usually limited to ten, with each head protecting an area of 84 square meters. However, for some applications in open areas more heads can be used to obtain more uniform coverage.

The most commonly used sampling head is shown in Figure 8. It contains a coarse porous plastic dust filter and a flow adjustment. To set the flow, a flowmeter containing an orifice is clamped to the head. The adjusting screw is rotated to produce a pressure drop of 6 mm of water on a differential pressure gage, which corresponds to a flow of 1.4 lpm. For use in prisons a special tamper proof head has been designed, and the sampling system is made up of welded pipe.

For those applications where convenient access to the head is not available the manifold of Figure 9, which allows locating the filter and flow adjustment remotely from the head, can be used. The manifold contains the flow adjustment, an orifice, and a filter. A window over the filter permits its examination, and it can easily be changed without disturbing any connections. In addition to the pressure taps across the orifice, an additional tap is provided to permit checking the drop across the filter.

Two sizes of manifolds are available, both shown on Figure 7. The smaller size is designed for a flow of 1.4 lpm, and is used with a single sampling head. An in-line version can be connected directly in series with the sampling line, while another version is designed so that several can be ganged together, with one common output to the zone inlet of the detector.

A larger manifold, designed for 14 lpm is similar, but has an effective filter area ten times that of the smaller manifold. Because there is only one manifold to a zone, with one adjustment and one filter to change, it is less costly to install and maintain. However, the piping system must be designed so that the lines to each head have approximately the same pressure drop. This can be done by using one tubing size in a symmetrical arrangement as in Figure 7, or by using different diameter and length tubing to equalize pressure drops.

All manifolds are designed for an orifice pressure drop of 6 mm of water at either 1.4 or 14 lpm. For critical applications the flow from each head can be monitored with a differential pressure gage or pressure switch. For use with the manifold a sampling head similar to that of Figure 8, but without the flow adjustment, and with the filter replaced by a coarse screen, is used. Where appearance is a factor, at historical sites, art galleries, or museums, a simple open tube can be used, with the end protected by a screen to keep out insects.

The manifold system is particularly useful for such installations as anechoic chambers. These may be 20 meters high, and usually much equipment must be moved to obtain access to heads near the ceiling. A small manifold should be employed when

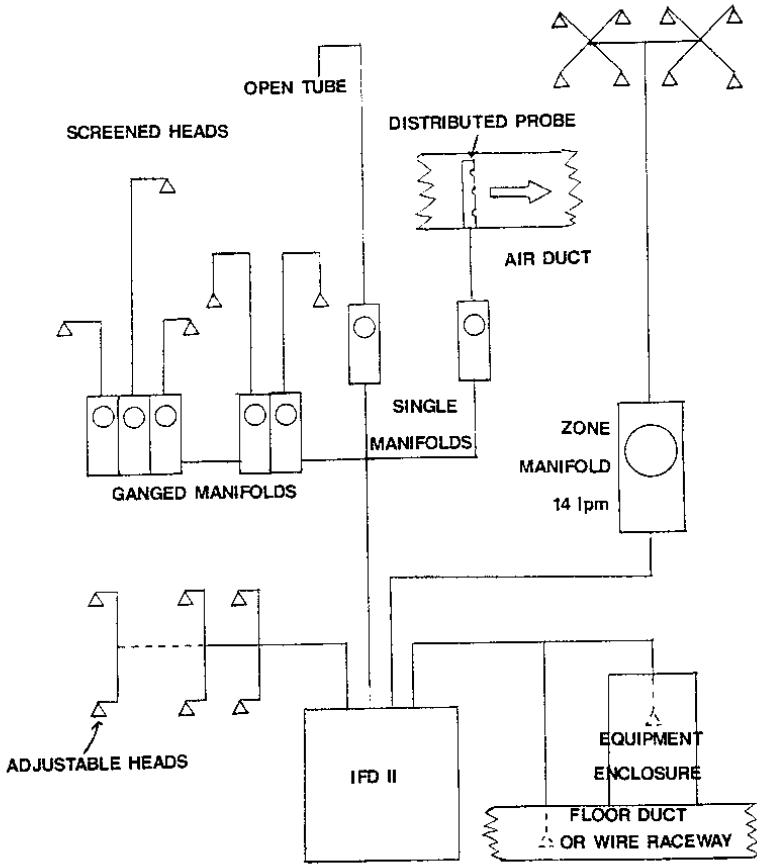


Figure 7. Typical sampling systems.

sampling from a duct or other area which may not be at atmospheric pressure. With the manifold not only the magnitude, but the direction of the flow can be determined, to make certain that a reversed flow condition is not present, which can happen if sampling heads are at different pressures. For installations where the dust loading is high, the sampling head screens and lines can be cleaned by blowing them out with compressed air.

Typical installations are shown in Figures 10 thru 13.

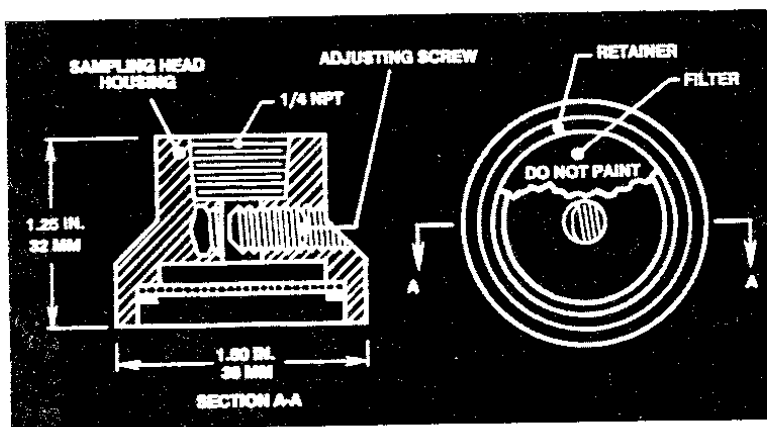


Figure 8. IFD II sampling head assembly.

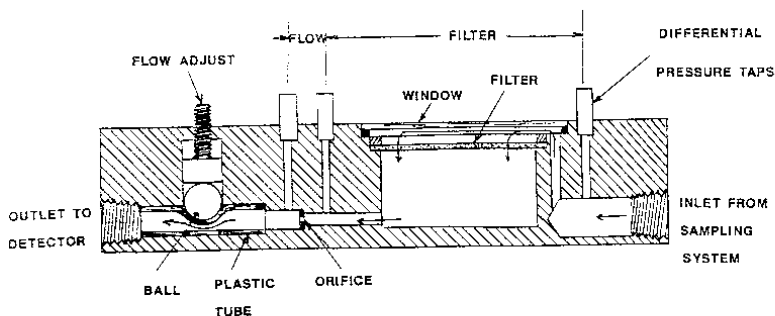


Figure 9. Manifold.

## MAINTENANCE AND RELIABILITY

Maintenance requirements of the IFD II are modest, and most can easily be performed by the user. The 3.8 liter water reservoir should be refilled with distilled water at three month intervals. At this time the diagnostic system can be interrogated to determine whether the monitored functions are within limits. For most applications the dust filters should be replaced every six months, although this period can be changed to suit individual conditions. For example, in clean rooms the filters may never have to be changed, or can be eliminated entirely.

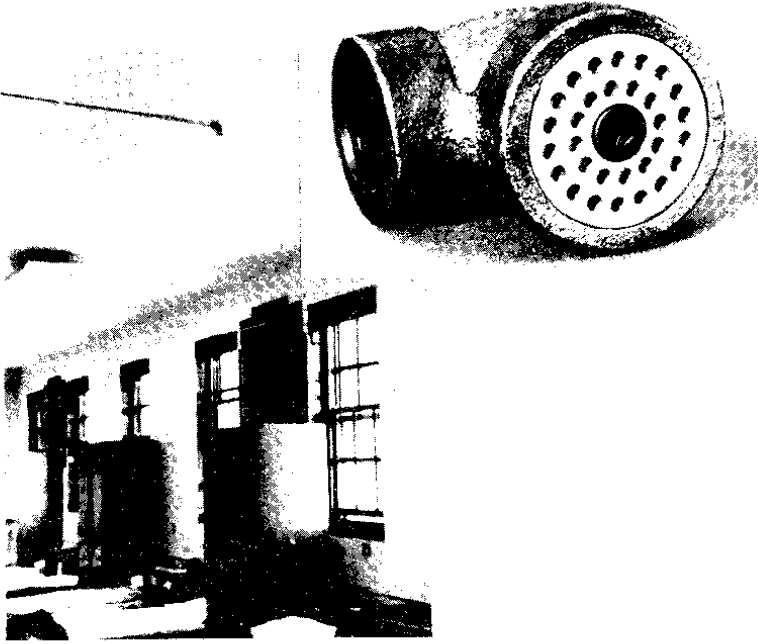


Figure 10. Typical installation—correctional institution.

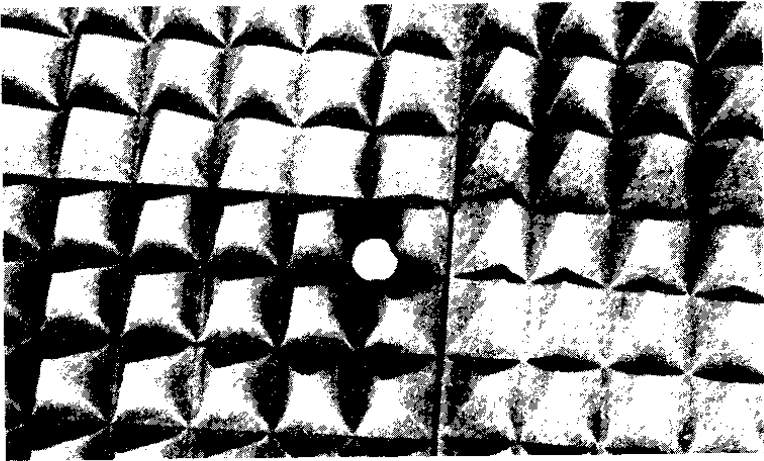


Figure 11. Typical installation—anechoic chamber.

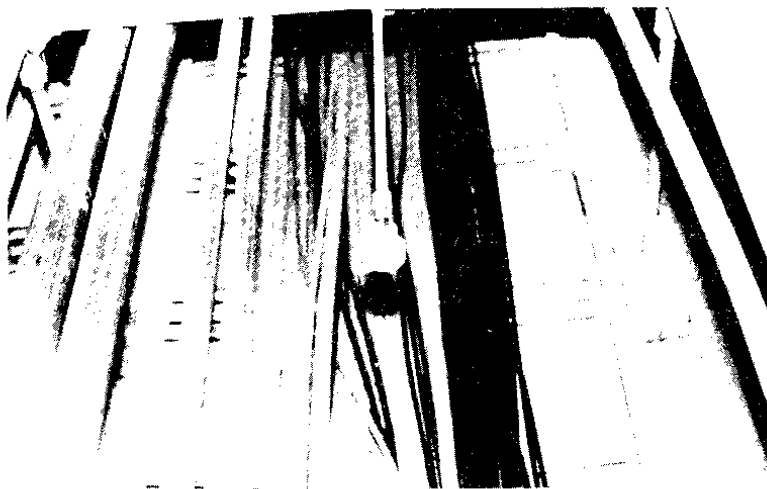


Figure 12. Typical installation—equipment enclosure.



Figure 13. National Aeronautics and Space Administration, Johnson Space Center, Houston, Texas.

Major maintenance involving relubricating the rotary valve and cleaning the cloud chamber should probably be done every three years, although problem-free operation over longer intervals has been obtained. The cloud chamber detector can be easily removed from the cabinet and either exchanged for a replacement, or worked on in the field.

In addition to minimizing maintenance, a major design goal has been to achieve the utmost in reliability. Extensive testing of components, subassemblies, and complete detectors has been, and still is, being performed. Accelerated life testing has been carried out where possible. For example, the electromechanical valves used in the air induction system were tested for over  $14 \times 10^6$  operations, equivalent to 26 years of normal service. Mechanical and electronic components are operated well below ratings, and no component operates at elevated temperature.

An early prototype IFD II has been in operation for at least four years, monitoring factory, office, and laboratory areas. There has been no maintenance, and only a blower replacement when a brushless DC blower became available for evaluation. The blower and its DC power supply have been operating for 1.3 years with no problems. With the exception of the motor, which has heavier ball bearings, the blower is similar to AC blowers used originally, many of which have been in operation for ten or more years. The power supply is of the switching type, and is operating well below its rated output. It has high efficiency, over 80%, with low power dissipation, and should provide long, trouble free service.

There have been a few warning indications due to neglect in filling the water reservoir. (The prototype has only a one liter reservoir). Recently a warning indication was accompanied by a valve fault diagnostic light. The problem turned out to be an unsoldered connection on the original hand-wired circuit board. Because the diagnostic system was able to identify the zone involved, troubleshooting and repairs were conducted in a matter of minutes.

An important aspect of maintaining reliability is in working closely with suppliers to pinpoint potential problems before they escalate. Late in 1988 service personnel reported that the diagnostic systems on some detectors were showing reduced chamber illumination. Cleaning the chamber did not help, but when the photocells were replaced the illumination returned to normal. Examination of the photocells showed the grid pattern to be indistinct, with the Indium metalization almost gone. Cell resistance was higher than normal, but the cells still responded to light.

The supplier was contacted and said that the cause was probably a poor glass to metal hermetic seal which allowed moisture to enter the cell. Additionally, we were informed, these particular cells were tested for leaks only on a small sample per lot. Now, a more rigorous test is being conducted by the supplier, on 100% of all cells.

The merging of old and new technologies in the IFD II has now brought to fire detection an approach for application to those installations which require the ultimate in protection.



## REFERENCES

1. M. HERTZBERG, C.D. LITTON, R. GARLOFF Studies of Incipient Combustion and Its Detection. Bureau of Mines Report of Investigations 8206. 1977, United States Department of the Interior
2. T.G.K. LEE, G. MULHOLLAND Physical Properties of Smokes Pertinent to Smoke Detector Technology. Center for Fire Research, National Bureau of Standards NBSIR 77-1312 November, 1977
3. G.F. SKALA INCIPIENT FIRE DETECTOR II. United States Patent 4,764,758 Environment|One Corporation August, 1988



K. Schierau

Preussag AG Minimax, Bad Oldesloe, Bundesrepublik Deutschland

Temperaturfeldmessungen als eine Möglichkeit zur Lokalisierung von Brandherden und zur Feststellung von Brandentwicklungen.

Allgemeines.

Die drei charakteristischen Brandkenngrößen

- Wärme,
- Rauch,
- Flamme (elektromagnetische Bestrahlung)

sind auch heute noch die am häufigsten zur Früherkennung von Bränden herangezogenen Kriterien.

Wenn man von der Häufigkeit der eingesetzten Detektoren ausgeht, sind vor den zur Brandfrüherkennung Rauchmelder mit Abstand am meisten verwendet gefolgt von Wärme und Flammenmeldern. Von der Art der Auswertung der Signalgrößen stehen z.Zt. von der Stückzahl noch Melder an der Spitze, die das Überschreiten vorgegebener Grenzwerte signalisieren. Die historische Aufgabe einer Brandmeldeanlage besteht darin, einen Brand zu einem möglichst bestmöglichen Zeitpunkt zu melden. Dies steht vielfach in Konflikt mit der Notwendigkeit, Fehlalarmierungen weitestgehend zu vermeiden. Insbesondere dann, wenn Brandmeldeanlagen Gaslöschanlagen aktivieren, können Fehlhandlungen der Brandmeldeanlage schwerwiegende Folgen haben. Es wurden deshalb in der Vergangenheit Techniken entwickelt und eingesetzt, die zu einer hohen Sicherheit bei der Ansteuerung von Gaslöschanlagen geführt haben.

Die Anforderungen, die zukünftig an Brandmeldeanlagen gestellt werden, verlangen eine weitere Verbesserung der Zuverlässigkeit bei gleichzeitiger Steigerung des Aussagevermögens. Dazu gehören u.a. Zustände zu analysieren, gefährdete Bereiche zu lokalisieren, die zeitliche und räumliche Entwicklung von Gefahrenzuständen zu verfolgen, zu registrieren, in geeigneter Form darzustellen, Maßnahmenvorschläge angepaßt abzuweiten und bei ständiger der jeweiligen Situation entsprechende Steuerungsvorgänge durchzuführen.

### Temperaturfeldmessungen.

Kleingrößentemperaturmessungen werden, wenn möglich, mit einem Zeigerinstrument und in geeigneter Form darzustellen. Als ein Beispiel soll eine solche im Grenzfall der Temperaturfeldmessungen dienen.

In der Systematik des Wärmetransportes werden drei Arten unterschieden:

- Wärmeleitung,
- Konvektion,
- Strahlung.

Folgend wird besonders auf die Konvektivübertragung eingegangen. Ein Sensorelement, das einem Konvektionsstrom ausgesetzt ist, nimmt Wärmesenke über eine Grenzschicht auf, die den Übergang zwischen dem Wärmetransport durch Konvektion und der der Wärmeleitung bildet. Wie schnell die Temperatur des Sensorelementes der Temperatur des Konvektionsstromes folgt, hängt im wesentlichen von der Sensormasse, seiner Oberfläche aber auch von der Strömungsgeschwindigkeit des Konvektionsstromes und der Koppelung mit Wärmesenken ab. Hinsichtlich der zur Messung herangezogenen physikalischen Effekte sollen im Rahmen dieser Darstellung nur die Temperaturabhängigkeiten elektrischer Widerstände und hier insbesondere Halbleiter betrachtet werden.

In der folgenden Gleichung werden die Zusammenhänge zwischen dem Widerstandswert eines Halbleiters und seiner Kristalltemperatur beschrieben:

$$R_n(\vartheta_n) = R_{n25} \cdot \exp\{B_n \cdot (1/273 + \vartheta_n) - 1/2000\}$$

$$\vartheta_n + \tau_n \cdot \dot{\vartheta}_n = \vartheta(t)$$

Für die Antwort auf einen Sprung der Umgebungstemperatur gilt dann:

$$\vartheta_n = \vartheta_E \cdot \left[ 1 + \frac{\vartheta_0 - \vartheta_E}{\vartheta_E} \cdot \exp(-t/\tau_n) \right]$$

Wenn die Umgebungstemperatur einer Rampefunktion entspricht, gilt:

$$\vartheta_n = m \cdot \left[ t - \tau_n \cdot (1 - \exp(-t/\tau_n)) \right] + \vartheta_0$$

In diesen Gleichungen sind:

Index  $n$  : Hinweis auf den Fühler.

$\vartheta$  : Umgebungstemperatur.

$\vartheta_n$  : Kristalltemperatur des entsprechenden Fühlers.

$\theta_0$  : Anfangswert der Umgebungstemperatur

$\theta_E$  : Endwert der Umgebungstemperatur bei einem Sprung.

$m$  : Steigungsrate der Umgebungstemperatur in  $^{\circ}\text{C}/\text{s}$  bei einem Rampenverlauf.

$R_{n25}$  : Widerstand des entsprechenden Fühlers bei  $25^{\circ}\text{C}$ .

$B_n$  : Konstante des entsprechenden NTC in  $K$ .

Ein Heißleiter werde in Reihe mit einem Festwiderstand an eine Spannung gelegt. Es wird somit ein Spannungsteiler gebildet. Das Spannungsteilerverhältnis  $\alpha_1$  ist ein Maß für die Kristalltemperatur des Heißleiters (s. hierzu Bild 1).

$R_{F1}$  : Festwiderstand im Brückenweig 1.

Verhalten des Brückenweiges mit dem schnellen Meßfühler ( $\tau_1$ ) bei Rampenfunktionen der Temperatur :  $R_1(\theta_1)$  liegt in Reihe mit  $R_{F1}$ . Für die Temperaturmessung ist das Spannungsteilerverhältnis zwischen  $R_1(\theta_1)$  und  $R_{F1}$  von Bedeutung. Untersucht wird zunächst das Verhalten bei Rampenfunktionen der Temperatur. Für die Kristalltemperatur des Fühlers gilt, wie bereits abgeleitet :

$$\theta_1 + \tau_1 \cdot \dot{\theta}_1 = \theta(t)$$

$$\theta(t) = m \cdot t + \theta_0$$

$$\theta_1 = m \cdot \left[ t - \tau_1 \cdot (1 - \exp(-t/\tau_1)) \right] + \theta_0$$

$$\alpha_1 = \frac{R_{F1}}{R(\theta_1) + R_{F1}}$$

$$R_1(\theta_1) = R_{n25} \cdot \exp(B_n \cdot (1/(273 + \theta_1) - 1/298))$$

$$\dot{\theta}_1 = m \cdot (1 - \exp(-t/\tau_1))$$

Für die erste Ableitung von  $\alpha_1$  nach der Zeit gilt :

$$\dot{\alpha}_1 = \frac{d\alpha_1}{dt} = \frac{d\alpha_1}{dR_1} \cdot \frac{dR_1}{dt}$$

$$\frac{dR_1}{dt} = \frac{dR_1}{d\theta_1} \cdot \frac{d\theta_1}{dt}$$

$$\frac{dR_1}{d\theta_1} = \frac{dR_1}{dz} \cdot \frac{dz}{d\theta_1}$$

$$z = \frac{B_1}{273 + \theta_1}$$

$$\frac{dz}{d\theta_1} = - \frac{B_1}{(273 + \theta_1)^2}$$

$$\frac{dR_1}{dz} = k_1 \cdot \exp\{z\}$$

$$k_1 = R_{125} \cdot \exp\{-B_1/298\}$$

$$\frac{dR_1}{dt} = - \frac{B_1}{(273 + \theta_1)^2} \cdot k_1 \cdot \exp\{B_1/(273 + \theta_1)\} \cdot \theta_1$$

Für eine Rampenfunktion gilt für  $\theta_1$ :

$$\theta_1 = m \cdot (1 - \exp\{-t/\tau_1\})$$

Und damit gilt für  $\alpha_1$ , wenn die Temperaturfunktion eine Rampenfunktion ist:

$$\frac{dR_1}{dt} = - \frac{B_1}{(273 + \theta_1)^2} \cdot k_1 \cdot \exp\{B_1/(273 + \theta_1)\} \cdot m \cdot (1 - \exp\{-t/\tau_1\})$$

$$\alpha_1 = \frac{R_{F1}}{(R_1 + R_{F1})^2} \cdot \frac{E_1}{(273 + \vartheta_1)^2} \cdot k_1 \cdot \exp\{E_1/(273 + \vartheta_1)\} \cdot m \cdot (1 - \exp(-t/\tau_1))$$

Die ursprüngliche Fragestellung lautet :

- Welchen Wert hat die Umgebungstemperatur  $\vartheta$  und
- welche Tendenz weist sie auf?

Gemessen wird das Widerstandsteilungsverhältnis  $\alpha_1$  über eine proportionale Spannung.

Wenn  $\alpha_1$  durch Messung bekannt geworden ist, muß  $R_1$  durch Berechnung bestimmt werden. Aus  $R_1$  wiederum ist  $\vartheta_1$  berechenbar. Aufeinanderfolgende Messungen liefern Werte der zeitlichen Änderungen von  $\vartheta_1$ . Wenn die Differentialgleichung für  $\vartheta_1$  in eine Differenzgleichung umgewandelt wird, ist eine ausreichend genaue Nachbildung des Umgebungstemperaturverlaufs möglich. Es ist demnach wie folgt vorzugehen :

- Messen einer Spannung, die direkt proportional  $\alpha_1$  ist.
- Berechnung von  $\alpha_1$ .
- Berechnung von  $\vartheta_1$  aus  $R_1$ .
- Berechnung von  $\Delta\vartheta_1/\Delta t$  aus jeweils zwei aufeinanderfolgenden Messungen.
- Berechnung des Verlaufes der Umgebungstemperatur  $\vartheta$  aus der Differenzgleichung.

Für die Differenzgleichung gilt :

$$\vartheta_1 + \tau_1 \cdot \frac{\Delta\vartheta_1}{\Delta t} = \vartheta$$

Die Messungen werden mit beliebig vielen Detektoren, die im Raum nach bestimmten Projektierungsrichtlinien verteilt sind, durchgeführt. Dadurch ist es möglich, in begrenztem Umfang, das Temperaturfeld im Bereich der Detektoren zu bestimmen.

Um der Orts- und Zeitabhängigkeit Rechnung zu tragen, werde folgende Betrachtungsweise eingeführt :

- Die Temperatur, die der Fühler an der Stelle i zum Zeitpunkt k angenommen hat, sei  $x_{ik}$ .
- Die Fühlerzeitkonstante an der Stelle i sei  $\tau_{ik}$ .
- Die Umgebungstemperatur an der Stelle i zur Zeit k sei  $w_{ik}$ .

Die Differenzgleichung lautet nun :

$$x_{ik} + \tau_i \cdot \frac{\Delta x_{ik}}{\Delta t} = w_{ik}$$

Mit :

$$\Delta x_{ik} = x_{ik} - x_{i(k-1)}$$

$$\Delta t = t_k - t_{(k-1)}$$

Die erweiterte Aufgabenstellung der Brandmeldetechnik lautet :

- Lokalisierung des Brandherdes.
- Feststellung der Brandentwicklung.

Mit Hilfe der oben dargestellten Differenzengleichung soll die Aufgabe gelöst werden. Zunächst soll gelten :

$$\tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_n = \tau$$

Damit ist :

$$x_{ik} + \tau \cdot \frac{\Delta x_{ik}}{\Delta t} = w_{ik}$$

Ferner erfolgen die Messungen nach immer gleichen Zeitintervallen, d.h. :

$$\Delta t = \text{konst.}$$

Zum Zeitpunkt

$$t = t_0$$

liegen folgende Anfangswerte vor :

$$x_1(t_0) = x_{10}$$

$$w_1(t_0) = w_{10}$$

Dann ergeben sich nach n Meßintervallen die Werte :



$$x_1(t_0 + n \cdot \Delta t) = x_1(t_n)$$

Für die  $\Delta x_1$  läßt sich entwickeln :

$$\Delta x_1(t_n) = x_1(t_n) - \left( \sum_{k=1}^{n-1} \Delta x_1(t_k) + x_{10} \right)$$

$$w_1(t_n) = \left( 1 + \frac{\tau}{\Delta t} \right) \cdot x_1(t_n) - \frac{\tau}{\Delta t} \cdot \left( \sum_{k=1}^{n-1} \Delta x_1(t_k) + x_{10} \right)$$

$$\underline{w}(t_n) = \left( 1 + \frac{\tau}{\Delta t} \right) \cdot \underline{x}(t_n) - \frac{\tau}{\Delta t} \cdot \left( \sum_{k=1}^{n-1} \underline{\Delta x}(t_k) + \underline{x}_0 \right)$$

Das Meßzeitintervall kann so gewählt werden, daß  $\tau \gg \Delta t$ . Damit gilt dann näherungsweise :

$$\underline{w}(t_n) \approx \frac{\tau}{\Delta t} \cdot \underline{x}(t_n) - \frac{\tau}{\Delta t} \cdot \left( \sum_{k=1}^{n-1} \underline{\Delta x}(t_k) + \underline{x}_0 \right)$$

Die Bilder 2 und 3 zeigen bei Brandversuchen aufgenommene Temperaturverläufe. Aus den Fühlertemperaturen ("Meßwert") wurden die Umgebungstemperaturen entsprechend der oben dargestellten Methode berechnet ("Istwert"). Aufgrund der bestehenden Richtlinien, werden in den weitaus meisten Anwendungen die Detektoren unmittelbar an den Räumdäcken montiert. Die Temperaturmessungen ergeben deshalb nur direkten Aufschluß über das Temperaturfeld in Deckennähe. Wie daraus auf Brandort und Brandentwicklung geschlossen werden kann, ist Gegenstand dieser Untersuchung. Zunächst ist das Temperaturfeld in Deckennähe zu bestimmen. Da -wie erwähnt- die Detektoren in einer Ebene, direkt unter der Decke, angeordnet werden, ist ein ebenes Temperaturfeld bestimmbar. Um zur Bestimmung des Temperaturfeldes systematisch vorgehen zu können, werden die Detektoren matrixartig angeordnet und entsprechend ihrer Position in der Anordnung bezeichnet. Melder, die nicht an den Rändern der Anordnung liegen, haben jeweils 4 unmittelbare Nachbarn. Melder, die sich auf den Randzeilen bzw. -spalten befinden, besitzen je 3 Nachbarn. Melder in den Eckpunkten haben je 2. Zum Zweck der besseren Übersicht werden die einzelnen Zustandsgrößen in Form von Matrizen geschrieben. Für die Umgebungstemperatur gilt dann :

$$\underline{W}(t_n) = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1k} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2k} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ w_{j1} & w_{j2} & \dots & w_{jk} \end{bmatrix}$$

Für jeden Meßpunkt läßt sich ein Temperaturgefälle zu jedem unmittelbaren Nachbarn bestimmen. Die Richtungen der Temperaturgefälle werden durch die Einheitsvektoren festgelegt. Wenn  $w_{ab}$  die Umgebungstemperatur am Ort des entsprechenden Detektors ist, dann wird das Temperaturgefälle zu den entsprechenden Nachbardetektoren wie folgt definiert :

$$l \cdot \underline{\Delta}_{ab} = ((w_{ab} - w_{a(b-1)}) - (w_{ab} - w_{a(b+1)})) \cdot \underline{e} + ((w_{ab} - w_{(a+1)b}) - (w_{ab} - w_{(a-1)b})) \cdot \underline{n}$$

l : Abstand zwischen den Detektoren (hier als konstant angenommen).

Der Einheitsvektor  $\underline{e}$  zeigt nach "rechts",  $\underline{n}$  nach "oben".

Daraus ergibt sich eine Matrix, deren Elemente Vektoren sind.

$$\underline{\Delta} = \begin{bmatrix} \underline{\Delta}_{11} & \underline{\Delta}_{12} & \dots & \underline{\Delta}_{1k} \\ \underline{\Delta}_{21} & \underline{\Delta}_{22} & \dots & \underline{\Delta}_{2k} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \underline{\Delta}_{j1} & \underline{\Delta}_{j2} & \dots & \underline{\Delta}_{jk} \end{bmatrix}$$

$$\underline{e} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{n} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Die Vektormatrix  $\underline{\Delta}$  kann in eine Betrags- und in eine Richtungsmatrix zerlegt werden :

$$b_{ab} = \sqrt{((w_{ab} - w_{a(b-1)}) - (w_{ab} - w_{a(b+1)}))^2 + ((w_{ab} - w_{(a+1)b}) - (w_{ab} - w_{(a-1)b}))^2}$$

$$\varphi_{ab} = \arctan \frac{(w_{ab} - w_{(a+1)b}) - (w_{ab} - w_{(a-1)b})}{(w_{ab} - w_{a(b-1)}) - (w_{ab} - w_{a(b+1)})}$$

$$\underline{B} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1k} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{j1} & b_{j2} & \dots & b_{jk} \end{bmatrix}$$

$$\underline{\Phi} = \begin{bmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \dots & \varphi_{1k} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \dots & \varphi_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \varphi_{j1} & \varphi_{j2} & \dots & \varphi_{jk} \end{bmatrix}$$

Für die grafische Darstellung mittels eines Computers ist es günstig, die Vektormatrix in Komponentenmatrizen aufzuspalten. Wenn man die Komponenten in e-Richtung mit  $z_{ab}$  und in n-Richtung mit  $y_{ab}$  bezeichnet, dann entstehen die beiden folgenden Komponentenmatrizen :

$$\underline{Z} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1k} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2k} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ z_{j1} & z_{j2} & \dots & z_{jk} \end{bmatrix}$$

$$\underline{Y} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1k} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2k} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ y_{j1} & y_{j2} & \dots & y_{jk} \end{bmatrix}$$

$$z_{ab} = ((w_{ab} - w_{a(b-1)}) \dots (w_{ab} - w_{a(b+1)}))$$

$$y_{ab} = ((w_{ab} - w_{(a+1)b}) \dots (w_{ab} - w_{(a-1)b}))$$

Um eine einfache anschauliche Darstellung des Temperaturfeldes zu erhalten, reicht es aus, die Gefällevektoren des Temperaturfeldes in eine Grundrisszeichnung einzutragen. Dafür wird die Detektormatrix auf den Boden des Raumes projiziert. Die Vektoreintragungen ergeben Linien, deren Längen maßstäblich den Vektorbeträgen entsprechen und die richtungsgetreu dargestellt sind. Die projizierten Detektoren werden in der Grafik am besten durch Kreise markiert. Die Gefällevektoren "beginnen" jeweils in diesen Kreisen. Man erhält so für jeweils fest bestimmbare Zeitpunkte ein sehr anschauliches Richtungsfeld, das auf den oder auf die Brandherde ausgerichtet ist. Die Bilder 4 und 5 zeigen zwei Beispiele für diese Art der Wiedergabe.

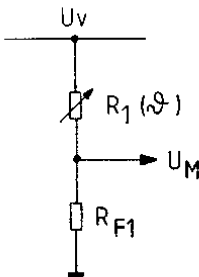
Eine andere, zunächst einfacher erscheinende Form der Lokalisierung der möglichen Brandherde ergibt sich aus der direkten Darstellung der Temperaturwerte. Hierfür können z.B. in den Grundriß Linien konstanter Temperatur eingezeichnet werden, die Bereiche von Temperaturmaxima umschließen. Die Temperaturmaxima können dann noch besonders hervorgehoben werden. Sowohl die Abbildung von Gradientenfeldern als auch die Isothermenmethode ergeben in zweidimensionaler Aufzeichnung gut interpretierbare Grafiken. Für "dreidimensionale" Wiedergaben erscheint die "Gummifadenmethode" gut geeignet. In diesem Fall wird die Ausbeulung eines ausreichend feinmaschigen Netzes durch die Temperaturwerte grafisch dargestellt. Diese Art der Auswertung erfordert jedoch einen relativ hohen Rechenaufwand unter Verwendung geeigneter Interpolationsverfahren.

Es muß nicht besonders darauf hingewiesen werden, daß sowohl software- als auch hardwaretechnisch zusätzlicher Aufwand erforderlich ist, um die Meßsignale so aufzubereiten, daß sie z.B. mit Hilfe von Differenzgleichungen weiterverarbeitet werden können. Im vorgetragenen Beispiel der Temperaturfelddarstellungen wurden die Werte der Umgebungstemperatur aus den Meßwerten mit Differenzgleichungen ermittelt. Wie die Bilder 2 und 3 zeigen, weichen die so ermittelten "Istwerte" von den "Meßwerten" nur unwesentlich ab. Es muß deshalb von Fall zu Fall entschieden werden, ob eine Rekonstruktion der Kennwerte aus den Meßwerten überhaupt notwendig ist, oder ob mit den Meßwerten direkt weiter gearbeitet werden kann. In der Regel sind die zu erwartenden zeitlichen Verzögerungen zwischen Fühler- und Umgebungstemperaturen und den tatsächlichen in der Umgebung der Fühler herrschenden Temperaturen zu vernachlässigen.

Abschließend ist zu bemerken, daß die hier abgehandelte Temperaturfeldmessung nur eine Möglichkeit von Kenngrößenmessungen und -darstellungen aufzeigt. So können die hier aufgeführten Grundlagen der Gradientenmethode auch auf "Rauchdichtemessungen" übertragen werden. Mit Hilfe von Ionisationskammern können robuste und einfache Sensorsysteme aufgebaut werden.

Bild 1

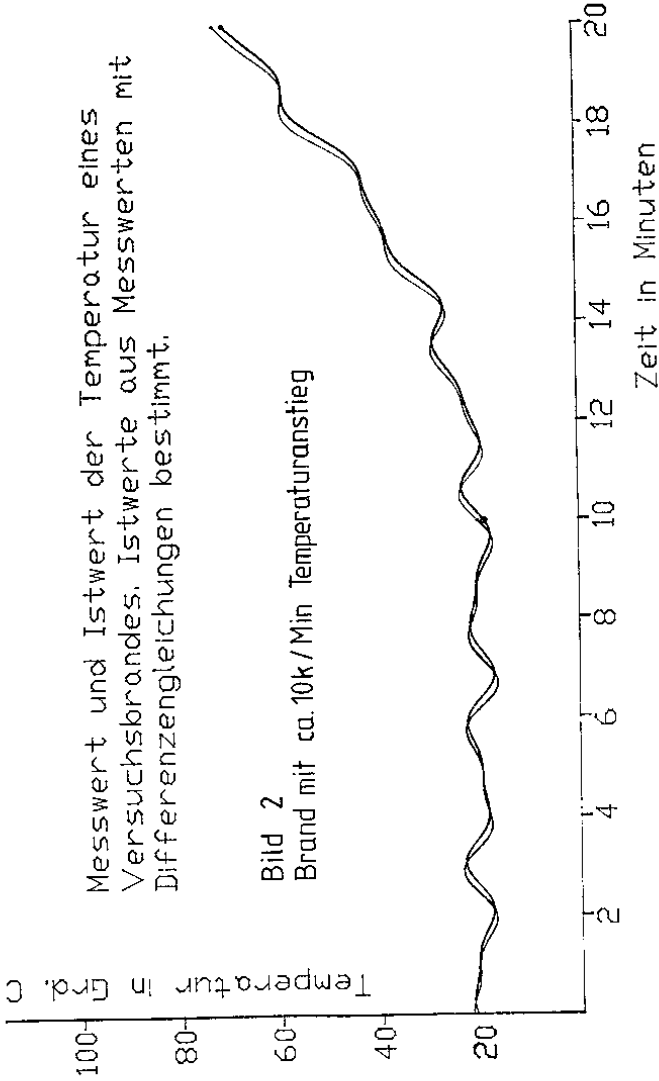
Mögliche Fühleranordnung mit NTC und Festwiderstand.



$$U_M = U_v \cdot \frac{R_1 (\vartheta)}{R_1 (\vartheta) + R_{F1}}$$

$$U_M = \alpha_1 \cdot U_v$$

$$\alpha_1 = \frac{R_1 (\vartheta_1)}{R_1 (\vartheta_1) + R_{F1}}$$



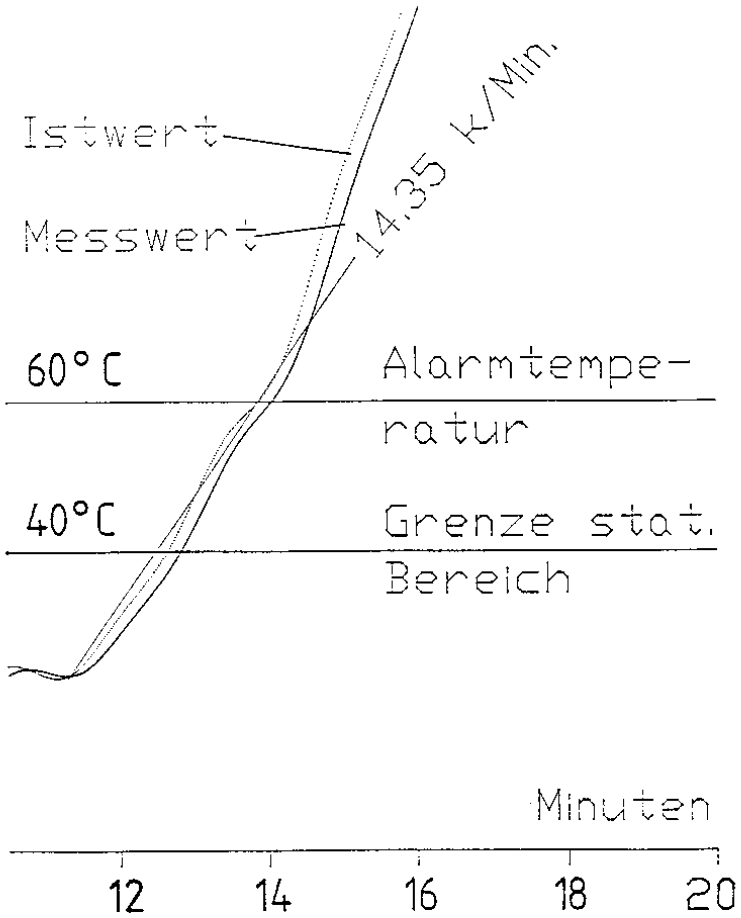


Bild 3

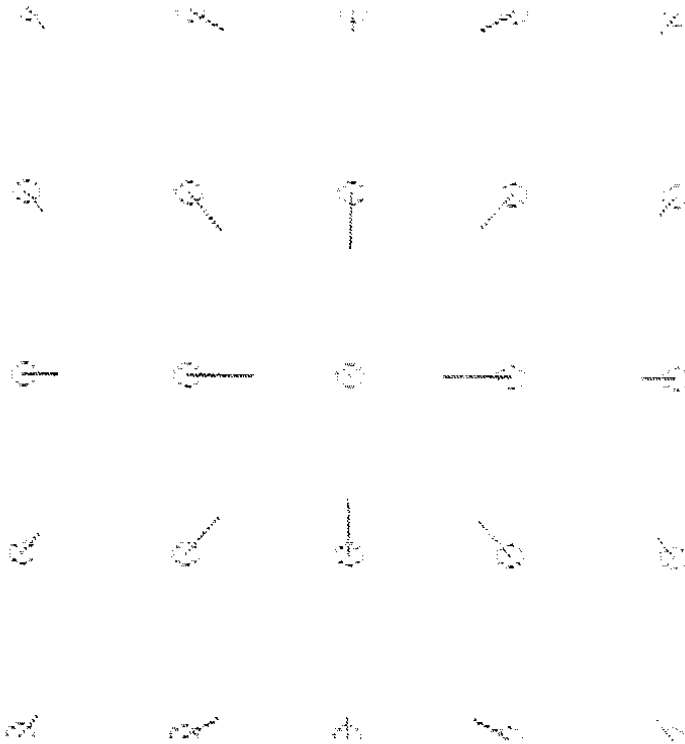


Bild 4  
Temperaturgradientenfeld  
Brandherd in der Mitte



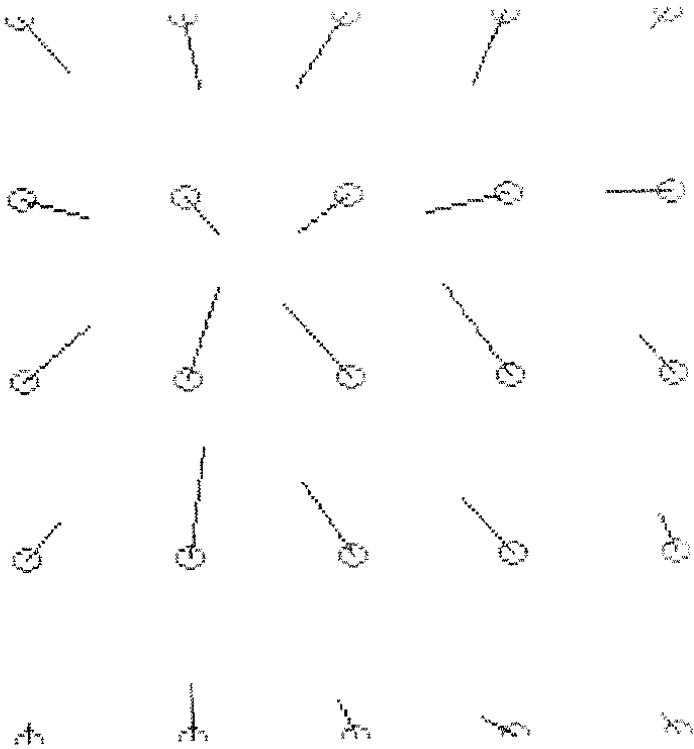


Bild 5  
Temperaturgradientenfeld  
Brandherd im linken oberen Bereich



A. Schmidt-Ott\*, W. Krüll\*\*, H. Burtscher†

\* AMT University Duisburg, Fed. Rep. Germany

\*\* NT University Duisburg, Fed. Rep. Germany

† Solid State Physics Lab., ETH Zürich, Switzerland

### Electrostatic Fire detector

A very simple electrostatic fire detector (EFD) is described. It generates an electric signal related to the charge on particles emitted by combustions [1]. The concept is based on the recognition that part of the smoke particles formed in combustions always carry electric charge.

Fig. 1 shows a cross section of the detector construction used for the present study. It basically consists of 3 square grids spaced  $d=6\text{mm}$  apart, mounted in a square frame and insulated from each other by stripes of teflon (PTFE). The middle grid (sensing electrode) is connected to a current amplifier A. The amplification is  $R=10^{12}$  V/A. The outer grids are kept on  $V_E=90$  V with respect to ground by batteries. Grounded metallic stripes interrupt the insulating paths between the sensing electrode and the grids on electric potential (guarding). This minimizes leak currents to the sensing electrode. The active area of the EFD is a square of  $11*11$  cm .

Charged smoke particles having entered the space between the electrodes are deflected by the electrostatic force, and some of them are precipitated to the sensing electrode. The current sensed is the amount of precipitated charge per unit time. Note that the EFD signal is related to the charge of a certain polarity (depending on the battery's polarity) on smoke particles. This distinguishes the detector from other concepts which respond to the net charge of smoke. While the net charge is quite an unpredictable quantity which may be zero, the charge of a

certain polarity is never zero and characteristic for the type of fire [2]. Provided the amount of smoke flowing through the detector is sufficient for the relative depletion by precipitation to be negligible, an idealized model gives the current density to the sensing grid as

$$j = q^2 bNE \quad (1)$$

where  $q$  is the charge per particle of the chosen polarity,  $N$  the particle concentration,  $b$  the mechanical particle mobility and  $E$  the electric field  $E = V/d$ . This equation is strictly valid for aerosols with particles of all the same  $q$  and  $b$ . In reality,  $q$  and  $b$  are distributed over a wide range, and eq. (1) will be used only for a qualitative prediction of the detector response. The current of charged particles to the sensing electrode is  $I = j'A$ ,  $A$  being the active area. The detector output voltage is

$$V = R \cdot I \quad (3)$$

Combining eqs. (1) to (3) ,

$$V = Sq^2 bN \quad (4)$$

where

$$S = \frac{RAV}{d} \quad (5)$$

is the detector sensitivity.

In thermodynamic equilibrium the mean square charge on aerosol particles assumed spherical (radius  $R_p$ ) is given by

$$\overline{q^2} = R_p kT \quad (6)$$

[1], where  $k$  is Boltzmann's constant and  $T$  is the absolute temperature. For charge equilibrium according to this equation to be established, positive and negative ions of equal mobility and concentration are required for charge transfer. In the combustion zone, ions are available in

high concentration to push particle charge towards the equilibrium approximated by eq. (6) [2] at high combustion temperature  $T$ . Due to  $q^2 \sim T$ , particles emerging from combustions are initially highly charged. Behind the combustion, smoke cools down, but the new equilibrium charge at ambient temperature is approached only very slowly, because the ion concentration is small. The large  $q^2$  is retained for minutes or hours. This memory effect has been described before [2].

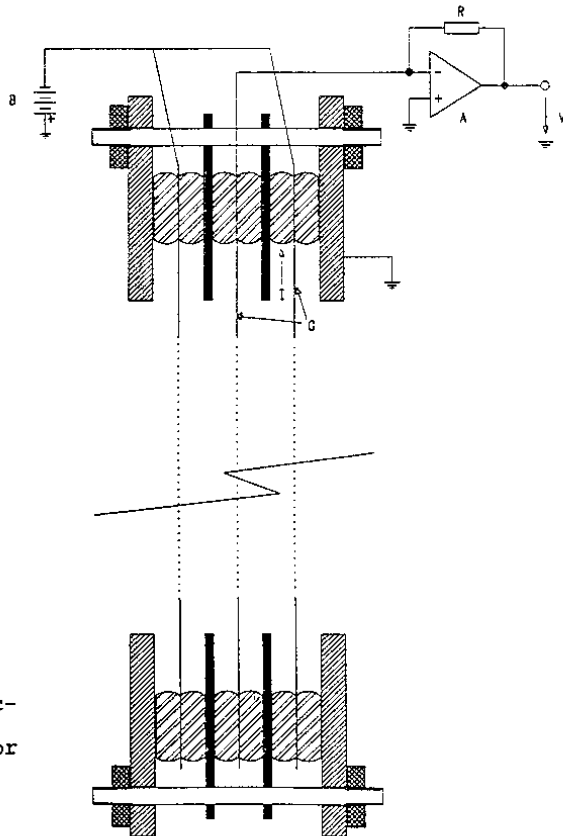


Figure 1

Cross sectional view of the electrostatic fire detector used for present studies.

- A: amplifier;
- B: battery;
- R: resistor;
- $V_o$ : output voltage;
- I: insulator;
- G: grids

The considerations above neglect coagulation of smoke particles. In general, coagulation reduces  $\overline{q^2}$ , because particles of opposite charge combine. Values of  $\overline{q^2}$  corresponding to temperatures higher than ambient are found for fires, where rapid dilution of smoke by convective mixing quenches coagulation, or in cases where the initial smoke concentration is low [2]. Smoldering fires with high initial smoke concentrations and slow convection may lead to  $\overline{q^2}$  smaller than the ambient temperature value [2] at the smoke detector.

Coagulation lets the particles grow and thereby the mobility  $b$  is reduced. This quantity therefore shows the same qualitative dependence on convection and initial smoke density as  $\overline{q^2}$  does.

Table I

test fire type signal	initial smoke density	convection	predicted EFD response
1) open cellulosic fire(wood)	high	strong	medium
2) smoldering pyro- lysis fire (wood)	high	weak	low
3) glowing smoldering fire (cotton)	high	weak	low
4) open plastics fire (polynrethane)	high	strong	medium
5) liquid fire (n-heptane)	high	strong	high
6) liquid fire (methylated spirits)	low	strong	high

Besides rising with  $\overline{q^2}$  and  $b$ , the EFD response  $V_0$  depends on the particle concentration  $N$  (eq. (4)). To qualitatively predict the EFD response,  $\overline{q^2}$  and  $b$  are the quantities to focus on however, since coagulation sets a practical upper limit to  $N$  near a particle source [3]. For instance, two fires emitting  $10^{10}$  and  $10^7$  primary particles per  $\text{cm}^3$  deliver about the same number density of agglomerates to the smoke detector, while their average  $\overline{q^2}$  and  $b$  are smaller in the first case.

The qualitative considerations above allow estimations of the relative EFD response to various types of fires. In table I the response to 6 CEN standard fires (EN 54 part 9) is predicted using the criteria of visible initial smoke density  $N_i$  and the degree of convective mixing. The response is predicted as "high", if both criteria favor EFD response (i.e. low  $N_i$  and strong convection), as "medium", if only one criterion does, and as "low", if none does.

Figures 2a-2f show the measured EFD response for the 6 CEN standard fires measured in the Duisburg fire detection laboratory. For comparison, the smoke density  $Y$  as defined by ionization type smoke detectors (EN 54 part 9) is plotted. Fig. 3 indicates the position of both detectors on the ceiling (height 4 m) with respect to the fire. The EFD active area was positioned at right angle to the ceiling.

The results are in agreement with the predictions of table I. Using the criteria of convection and initial smoke density, the approximate response of the EFD to any fire can be predicted. Open flame fires are sensitively detected. The only fire showing no response with the present sensitivity  $S$  is a smoldering wood fire (Fig. 2 b) Other constructions with higher sensitivity (e.g.  $R=10^{13}$  V/A and similar  $A$ ,  $V_B$  and  $d$ ; see e.g. eq.(5) for other possibilities) have shown that the detector concept can be extended to detection of such fires. On the other hand, the high  $S$  led to an enhanced sensitivity with respect to

mechanical shocks. It is presently not clear whether a shock resistant construction responding to smoldering fires is feasible.

The EFD response is somewhat complementary to ionization type (see fig. 2a-f) or optical detectors which are most sensitive to dense smoke and do not respond to fires without visible smoke, like alcohol fires. Furthermore, the EFD does not respond to "old" smoke, where  $b$  and  $\bar{q}^2$  have diminished by coagulation. For example, a room filled with cigarette smoke hardly yields any response.

The detector principle is not sensitive to  $H_2O$  vapor. Wetting of insulators does cause leak currents however, if the amplifier offset voltage is not compensated to zero. In addition, contamination of any kind should be avoided by a construction in which insulating material is not exposed to air currents.

The flat construction used here has been chosen because of its simplicity. It showed good performance even after exposure to the extremely contaminating test fires. Cylindrical versions [1] are more compact and should show the same overall behaviour.

Interesting applications of the EFD principle include warning systems for open flame fires e.g. in industries applying organic solvents like alcohol. For such applications the present sensitivity could be reduced, e.g. by decreasing the sensitive area  $A$ , enabling a more compact construction. A combination with a very simple unsensitive optical detector could lead to an inexpensive universal detection system. Due to the complementary nature of the detection principles, the system could identify the type of fire.



Fig. 2a-f EFD output voltage V ("elektrostatistischer Melder") and smoke density ("I-Kammer") vs. time in minutes for the CEN standard test fires.

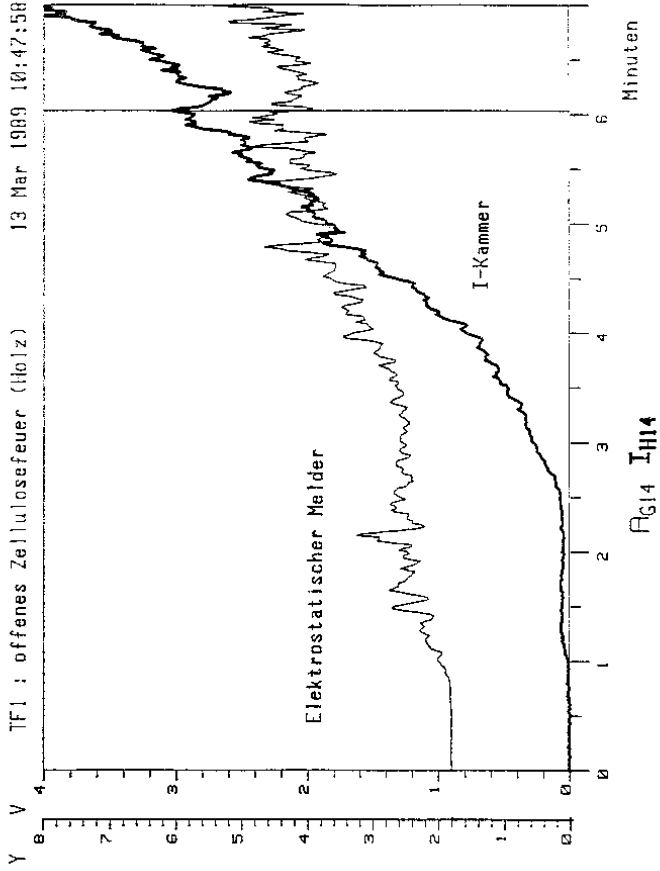


Fig. 2a) Open Cellulosic Fire (wood)

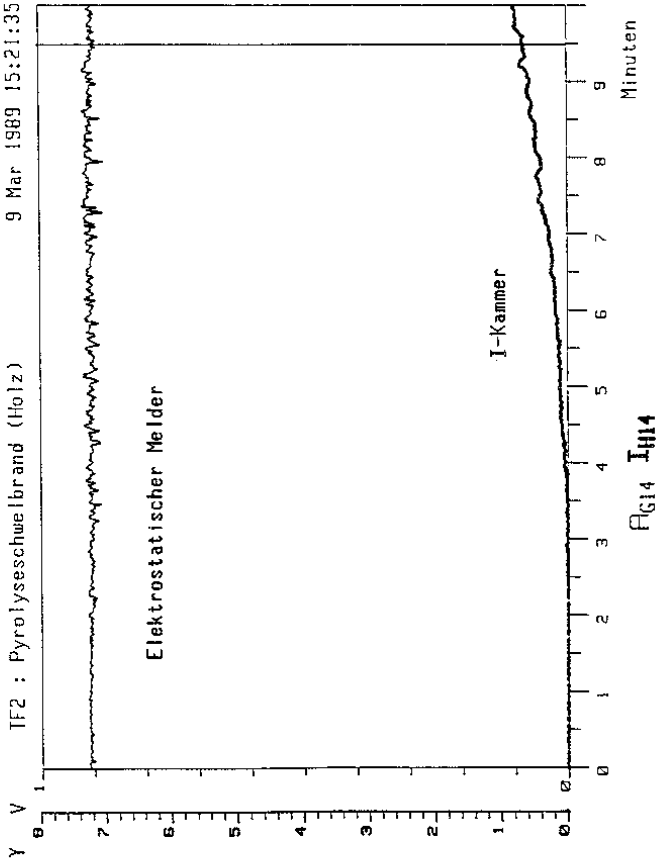


Fig. 2b) Smoldering pyrolysis Fire (wood)

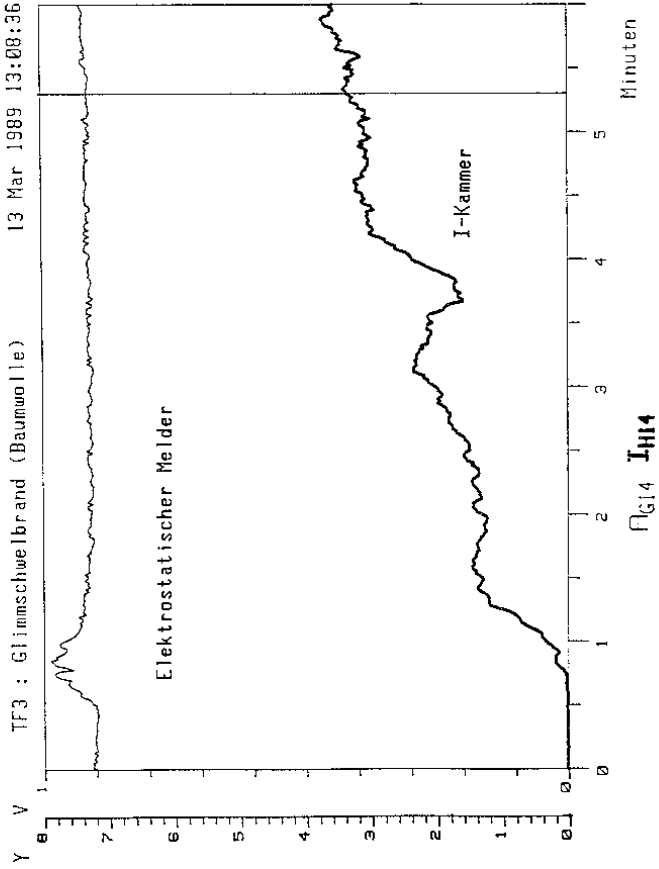


Fig. 2c) Glowing Smoldering Fire (cotton)

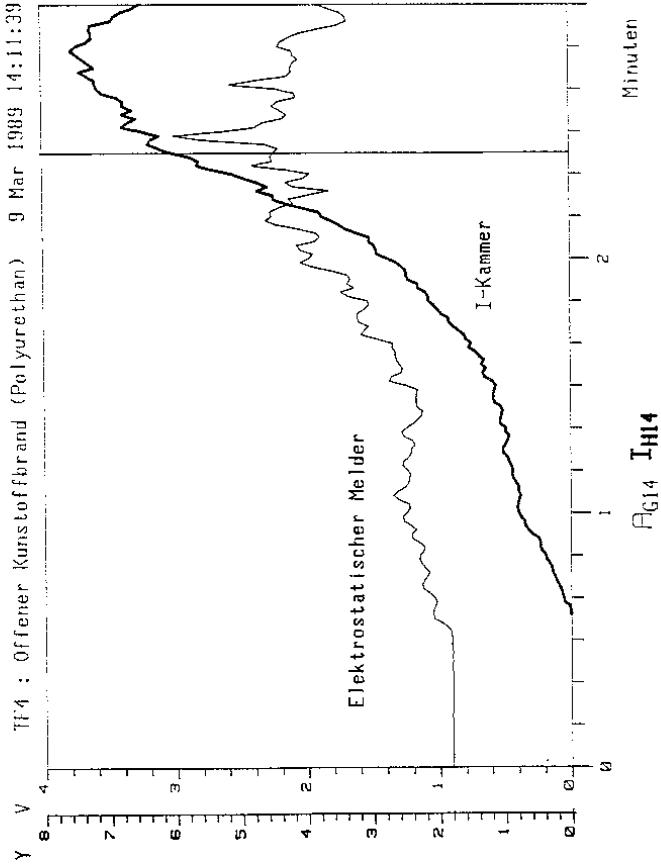


Fig. 2d) Open plastics Fire (Polynrethane)

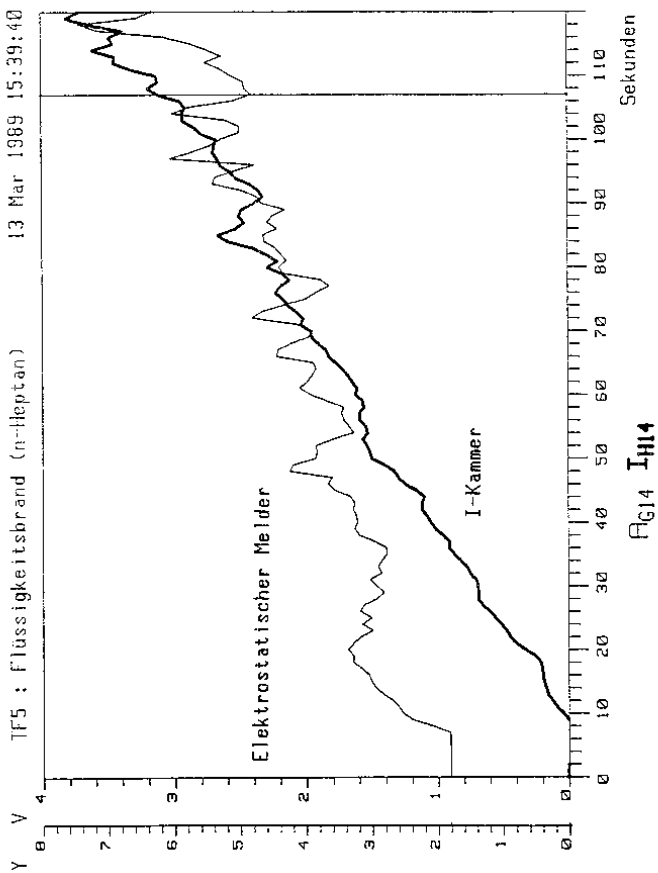


Fig. 2e) Liquid Fire (n-Heptane)

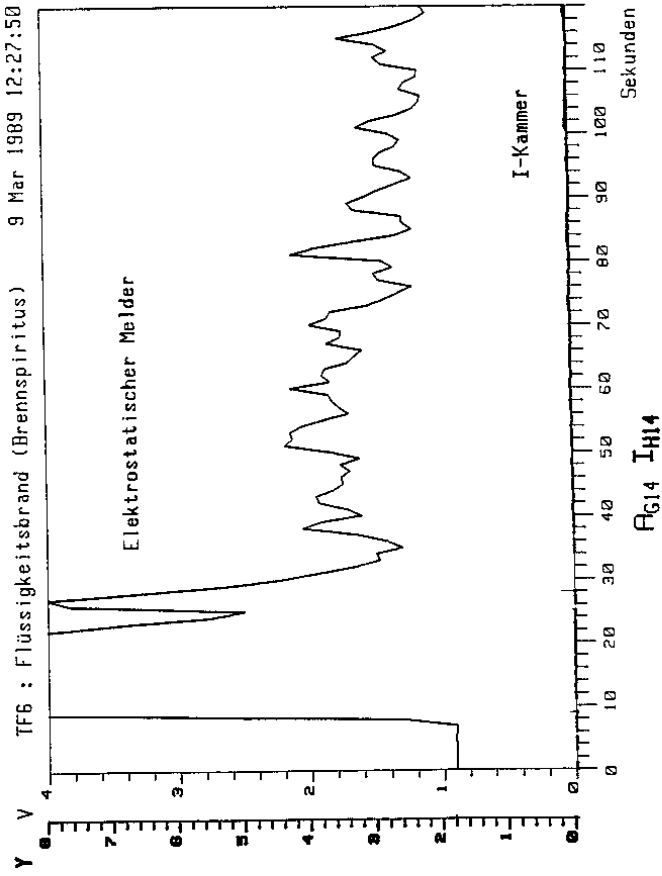


Fig. 2f) Liquid Fire (methylated spirits)

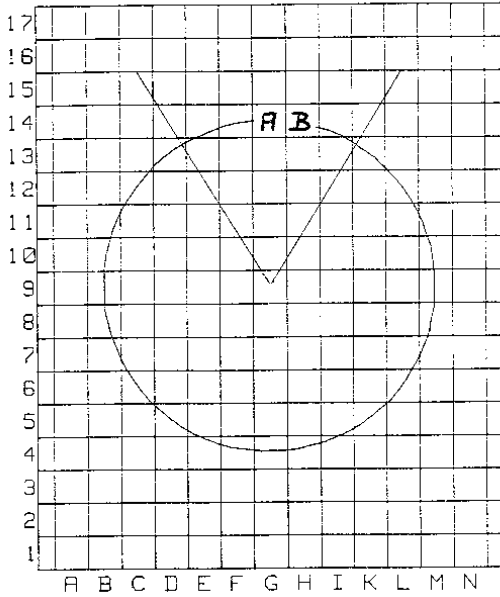


Fig. 3

Positions of EFD (A) and ionization type detector (B) on the ceiling of fire detection lab. Fire under center of circle.

References

- [1] H. Burtscher, A. Schmidt-Ott, H.C. Siegmann,  
International patent applications No. 83 90 37 78.5  
(mostly granted); priority 12/3/82.
- [2] H. Burtscher, A. Reis, A Schmidt-Ott, J. Aerosol Sci.,  
17, 47, 1986
- [3] W.C. Hinds, Aerosol Technology, p. 238, Wiley, NY,  
1982



S.H. Ellwood  
Gent Limited, Leicester, England

Analogue Optical/Heat Fire Detection

**Introduction**

The two main criteria for automatic fire detection are a high sensitivity to a wide range of fire types, and a low rate of false alarms. Neither is easy to measure in practice, but one measure of fire performance is given by the response to a series of laboratory fire tests, for example as specified in EN54: part 9. This has limitations, but is a reproducible standard for comparison. False alarm rates can only really be determined by monitoring large number of detectors over a significant period of time. Care has to be taken to ensure that the sites selected are a true sample of those used in practice. A statistical method for estimating trends from a limited period of data logging has been suggested by Burry (1974 and 1986) and is used here in a modified form to predict false alarm rate.

Some figures are available from several large scale surveys:-

- Gupta (1984), false alarm rate for detectors, 0.04/year.
- Guettinger (1988), ratio of false to true alarms, 15.6.
- BFPFA/Suffolk Fire Brigade (1984), ratio of false to true brigade calls, 14.
- BFPFA/DHSS Survey (1988), false alarm rate per detector 0.044.
- Appleby (1989), false alarm rate per detector 0.025 (installed 1981 onwards).

These figures are representative of systems installed over the past 10 to 20 years and indicate the level of performance that is accepted from automatic fire detection. It is believed (see below) that most false alarms are due to instability or faults in detectors rather than environmental fluctuations of heat or smoke. The instability includes response to non fire-like stimuli such as insects or electrical interference. Better quality detectors with processing that discriminates non fire-like stimuli, or detects faults early, should therefore reduce false alarms.

This is the reasoning behind the introduction of new generation systems with sensors transmitting analogue information back to the central panel for processing and decision making. These have been introduced with the promise of a decrease in false alarms. There is little available data yet, but the indications are that the promise has been fulfilled.

Point smoke and heat detectors are the dominant means of detecting fires in most building applications. The two types of smoke detector in use are optical scatter and ionisation, these are well known to have different responses with respect to particle size. This results in ionisation detectors having a fast response to free burning fires, but they can be very insensitive to smouldering fires, or fires in adjacent rooms when smoke has aged before reaching the detector. Optical scatter detectors are complementary in that they respond well to larger particles, but are much less sensitive to free burning fires. They also have a poor response to the particles produced by burning fuels which produce black smoke composed mainly of carbon (ie polyethane foam).

It is proposed that a further reduction in false alarms and a better overall response to fires will be obtained by the use of an optical scatter smoke sensor and heat sensor in the same unit. The signals from these should be transmitted separately to the control panel which will apply algorithms to obtain the optimum performance by processing the data from the two channels either separately or combined.

### Data Logging of Sensors

Data-logging the output of fire sensors is a useful exercise to be undertaken during the development of new products. It can yield data on environmental disturbances and nature of fault signals, and also lead to better designs of sensor and algorithm.

Prior to the development of a new generation fire detection system a data-logging exercise was carried out on a set of experimental sensors (Ellwood 1988). An analysis was carried out on signal variations from an averaged level, to compare with that expected from a single source of random noise. The equation for a normal distribution can be re-arranged to give :

$$\log_e \text{freq.}(x) = \frac{-x^2}{2\sigma^2} + \log_e \left( \frac{N}{\sqrt{2\pi}} \right)$$

Where freq.(x) is the frequency of variations of magnitude x, and N is the total number of readings logged. Plots of  $\log_e (\text{freq.}(x))$  against  $x^2$ . should then give a straight line with a slope of  $-1/2\sigma^2$ . In the earlier exercise several linear regions could be identified together with their likely source, ie sensor noise, environmental noise and transmission and sensor faults. The predicted false alarm rate due to environmental variations was calculated to be 0.007/detector/year, which is significantly less than that normally experienced in practice with detectors of that generation.

From this and other evidence it was suggested that the causes of false alarms were dominated by faults which potentially could be reduced or identified before an alarm occurred. Further reductions could be obtained by early identification of locations where environmental variations were large, which enabled a change in detector type or configuration.

As a part of the development of a new generation system a series of data-logging exercises were carried out on pre-production and early production detectors which were entirely new designs (Brown 1988). Included in the range are a combined optical/heat detector, an ionisation smoke detector and a heat detector. The data logging was carried out using digital transmission on the loop wiring and prototype panels. Data was finally gathered and stored on Hewlett Packard series 200/300 computers. Sample plots are shown in figures 1 and 2. Figure 1 illustrates one optical sensor with little noise, which was normal, and one with some negative going spikes due to some electronic fault. The outputs of the corresponding heat sensors are also shown, with variations in temperature during each day. Figure 2 illustrates the output signal of an ionisation chamber smoke sensor which is generally more noisy than the optical. Some negative spikes are shown which are due to windows being open and allowing wind onto the sensor.

Data was gathered from several sites, with most being collected from five :

- BRI, one building in Bristol Royal Infirmary which had a mix of treatment areas, offices, laboratories and bedrooms.
- Cedars, old peoples home, Ampthill, Bedfordshire. This was mainly bedrooms but also included day areas, kitchens, and dining areas.
- CEGB, Central Electricity Generating Board, this was a large office block.
- Gent Factory, offices and warehouse.
- York Minster, large cathedral.

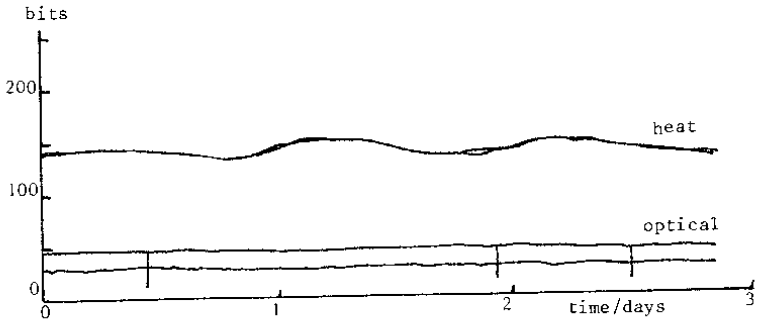


Figure 1 Output of two optical/heat detectors.

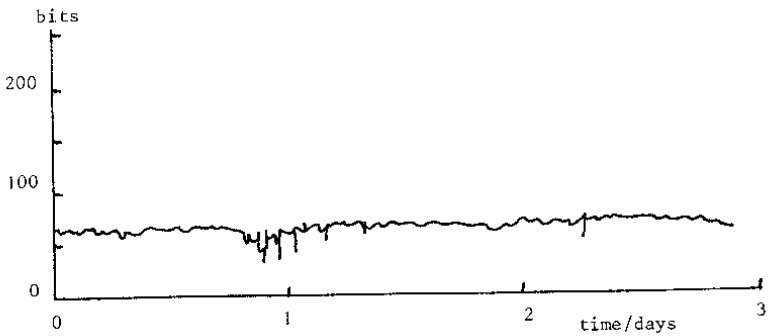


Figure 2 Output of an ionisation detector.

Plots of  $\log(\text{freq.}(x))$  against  $x^2$  are given in figures 3 and 4 for optical and ionisation smoke sensors respectively. The variations are with respect to a 6 hour average, but the data is similar with respect to a 22 hour average. More data was available for the optical than the ionisation as it was developed first and is more widely used. The curves in figures 3 and 4 show two linear regions. The first region is dominated by sensor noise and is at a very low level for the optical sensor. The level of this noise was greater on the Gent site as they were early pre-production devices. The second region is due to detector faults and environmental variations. The slope of the second region is less for CEEB and York which are customer sites with production devices. What is of interest is the consistency between sites of the slopes within detector type, with the ionisations showing a much higher level of sensor noise.

The alarm threshold level, assuming a simple algorithm, is 50 bits variation. From the graphs the following was calculated for optical detectors :

Site	Freq (50 bits)	Total Duration/ Years	Prob (50 bits/year)
BRI	0.42	9.4	0.045
Cedars	0.51	10.4	0.049
CEGB	-	3.1	0
Gent	0.031	8.5	0.0036
York	0.0014	12.7	0.00011
Total	0.9624	Total 44.1	Weighted Ave 0.022

And for Ionisation

Site	Freq (50 bits)	Total Duration	Prob (50 bits/year)
Cedars	0	0.35	0
Gent	0.08	2.55	0.031
York	-	1.27	0
Total	0.08	Total 4.17	Weighted Ave 0.019

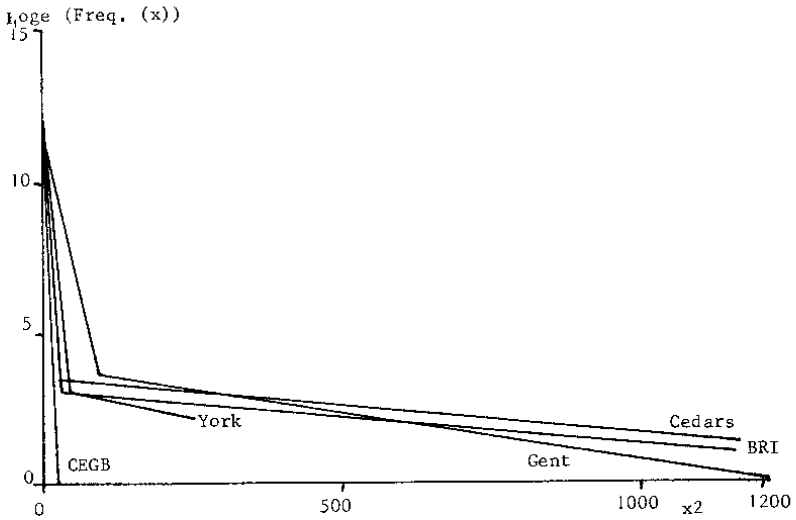


Figure 3 Optical sensor variations.

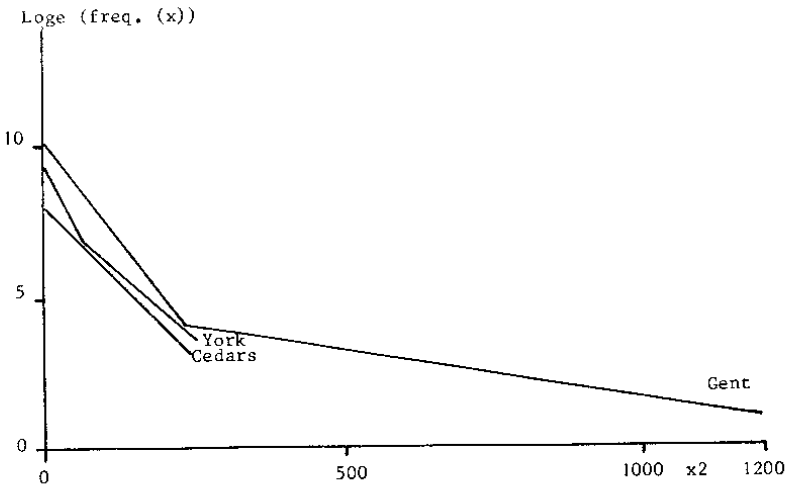


Figure 4 Ionisation sensor variations.

The figures above indicate a predicted false alarm rate of approximately 0.02/detector/year which is less than has been generally experienced. However, there is a large potential error in this figure as the data base used was limited in duration even though it covered approximately 1000 detectors on 5 sites. There are several factors that mean that in practice that this figure is an overestimate. These include the use of some early devices which have since been improved in design, and the inclusion of data from some locations where normal sensitivity smoke detectors would not be used (some effort has been made to exclude some in kitchens at Cedars). The fault detection algorithms used in the panels will further reduce the rate.

Since the data described here was collected many tens of thousands of detectors have been produced and are in service on customers' sites. An exercise has been started to gather data on the actual false alarm rate, but preliminary figures indicate that it is of the order 0.005 for the new optical/heat detectors.

#### **Fire Tests on Sensors**

Several types of fire test have been carried out. These include simulations of full size fires, on-site smoke tests and the EN54: Part 9 series of tests. On-site tests and stimulations of full scale fires such as those carried out by the Fire Research Station tend not to be repeated as they are often one off events. They do however, bring a number of factors not found in the EN54 standard tests :

- The signal shape and size seen in real fires, particularly as fire growth and ceiling height are more realistic. Figure 5 (BFPSA 1987) is a simulation of a hospital bed fire in a small ward. The slow initial growth of signal followed by a rapid increase is more typical in practice than the more gradual growth to a maximum, within the operational range of a sensor, in test fires.



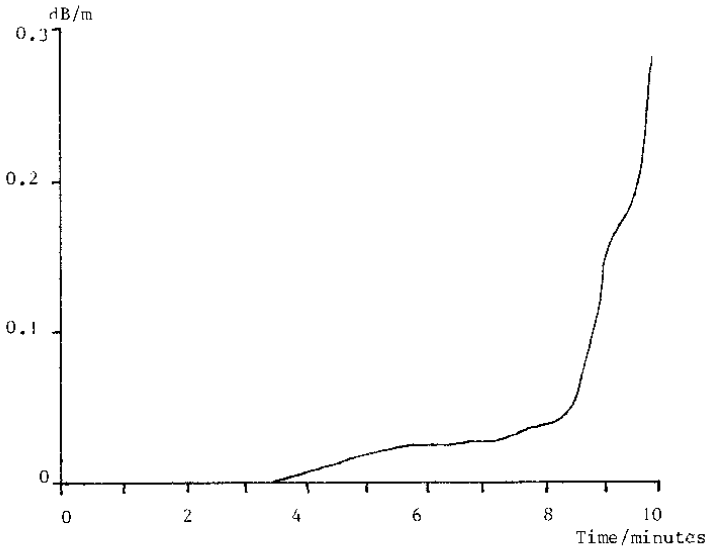


Figure 5 Bed fire in simulated ward, output of optical sensor.

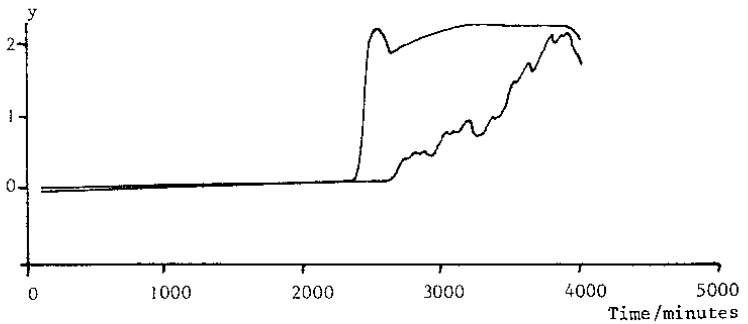


Figure 6 Fire in room off corridor, output of two ionisation sensors in corridor, 8m apart.

- Ageing of smoke as it travels towards a detector, as shown in figure 6 (Elliwood 1985). This shows the output of two ionisation sensors in a corridor 8m apart. The fire is in a room off the corridor and is causing the door to smoulder and gradually fill the corridor with smoke. The response of the second detector is much more gradual even though optical detectors in the same locations behaved similarly.
- Very slow movement of smoke in smouldering fires, and the effects of thermal barriers preventing smoke reaching a ceiling mounted detector. The latter is a factor which conflicts with the architects need for an inconspicuous detector, but the effects of the former can be countered by good design.

Figures 7 to 12 show the reaction of the optical/heat, ionisation and a specialised heat only detector to the first 5 test fires in EN54: part 9. These were carried out by colleagues at Esser, and are close to the requirements of the standard. The scales used are arbitrary and are for comparison only. As expected the ionisation sensor responds best to the free burning fires which produce smoke (TF1, 4 and 5) and the optical best to the smouldering fires (TF2 and 3). The heat detector combined with the optical responds to the free burning fires, particularly TF5 which is usually the factor which controls the sensitivity setting of optical detectors. There is also a good response to TF6 which does not produce significant quantities of smoke.

The current optical/heat detector therefore is helped in its response to this series of tests by the inclusion of the heat detector. If a detector with an optical chamber and a heat detector equivalent to the heat only detector were produced, it can be shown that the average response is similar to ionisation detectors. It is also more even across the range of fire types. In discussions of response to the EN54: part 9 series it should be remembered that there is no very slowly smouldering fire which would hinder visibility, but could be very difficult to pass with an ionisation detector. Also in most cases fires do not involve fuel of only one material such as polyurethane foam, they grow and usually involve a mixture of types.

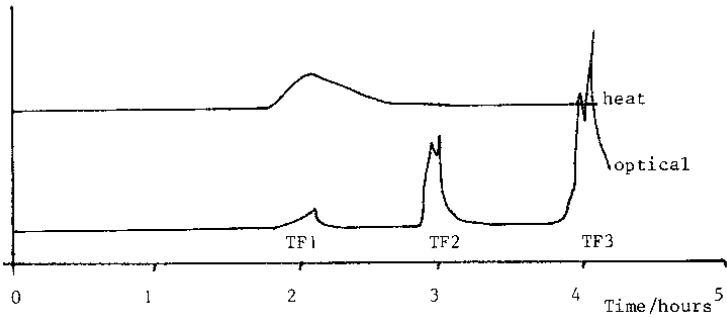


Figure 7 Output of optical/heat detector in test fires 1 - 3.

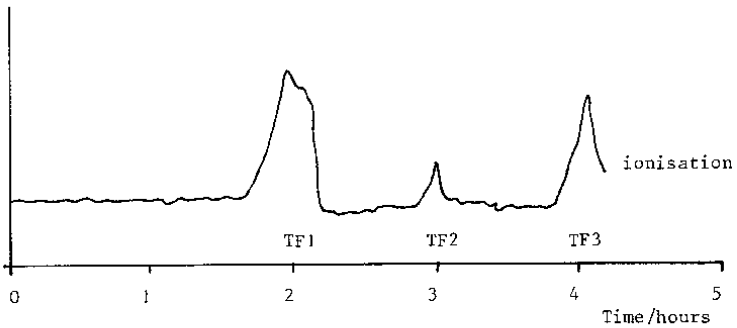


Figure 8 Output of ionisation detector in test fires 1 - 3.

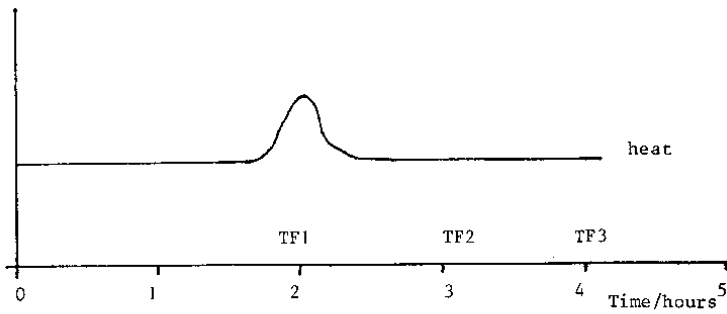


Figure 9 Output of heat detector in test fires 1 - 3.

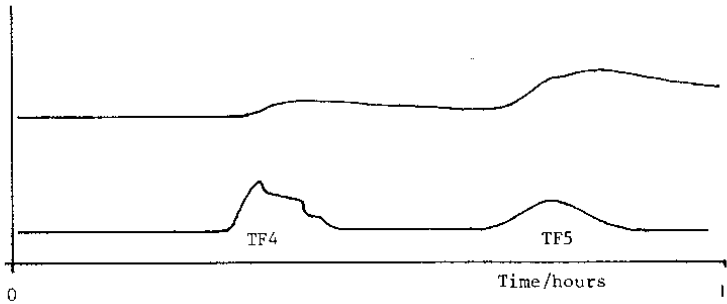


Figure 10 Output of optical/heat detector in test fires 4 - 5.

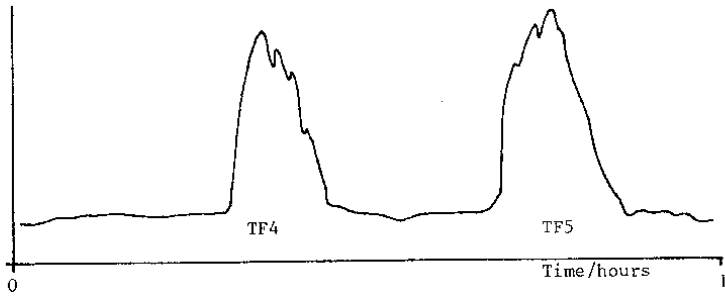


Figure 11 Output of ionisation detector in test fire 4 - 5.

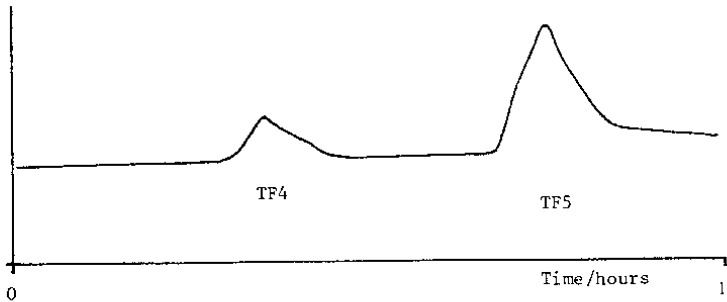


Figure 12 Output of heat detector in test fires 4 - 5.

## Algorithms

The algorithm structure used is described elsewhere (Appleby 1989). It is based on pattern recognition of single signals which is capable of diagnosing different types of problem with either the detector, or the location, such as high winds on an ionisation sensor, or low levels of smoke or temperature variation present as normal. The combination of the signals from the optical and heat sensors in the same unit are carried out at the last stage of processing to allow the greatest flexibility in the configuration of individual devices. In the default state the form of the algorithm is :-

FIRE if (alarm level smoke) OR (grade 2 heat level)  
OR (small smoke signal AND small heat rate of rise).

This is a form which will respond to fires in the event of failure of one sensing element, but will also give the best response to fires which are normally difficult for optical detectors.

The alarm level for the smoke sensor includes :

- alarm above a fixed limit, set at a quite low sensitivity for an optical only detector,
- correction for background sensor drift,
- rejection of fast transient signals,
- increase in sensitivity if the signal is rising slowly, probably due to a smouldering fire,
- several levels of response in case one is missed, i.e. try again,

The heat only response is based on that specified in EN54: part 5, as grade 2.

There are several alternative detection states available for each detector type. For the optical/heat there are states which:

- Reduce optical sensitivity.
- Increase optical sensitivity.
- Allow optical only response.
- Allow heat only response.

These states can be configured for individual detectors depending on the environment, either permanently or on a time of day, or day of week basis. This facility allows the best detection to be provided, to maximise sensitivity and minimise false alarms.

### **Conclusions**

It has been shown that false alarms are considerably reduced below historic levels with well designed detectors used on new generation systems. The current design of optical/heat combined sensors is a contribution to this as it provides good detection of a wide range of fire types without the need for a very sensitive smoke detector. This is made possible by the processing of the separate signals using the algorithms discussed. It has advantages over ionisation types as it can respond well to very slow smouldering fires or aged smoke, and with the decreasing cost of electronics there is no cost penalty. The use of sensors for two different parameters means that there is diversity in the system at a critical point which ensures that a fire will be detected before it becomes dangerous, and that the mode of detection can be controlled to optimise sensitivity with respect to false alarms.

Future developments with better algorithms and a faster responding heat sensor element mean that an average performance equal or better than an ionisation detector could be obtained in EN54: part 9 test. In practice a superior product will result which can be used for all point fire detection applications.

## References

- Appleby, D. and Ellwood S. H., A fire detection system using distributed processing, AUBE 89, 1989.
- BFPSA/Suffolk Fire Service, Report on joint investigations of unwanted fire signals arising from automatic fire alarm systems in the country of Suffolk, 1984.
- BFPSA, BFPSA report on detection aspects of FRS/DHSS fire tests of bed assemblies, 1987.
- BFPSA/DHSS Survey, un published data 1988.
- Brown, S., Fire sensor data logging report, Gent Ltd internal report, 1988.
- Burry, P.E., Current research on fire detection at the Fire Research Station, Fire Surveyor, Vol 3, No 5, pp43-52, 1974.
- Burry, P.E. False alarms, B.R.E. information sheet, 1986.
- Ellwood, S.H., Fire sensor data logging report, Gent Ltd internal report, 1985.
- Ellwood, S.H. Fire Sensor data logging, in proceedings of the second International Symposium on Fire Safety Science, Hemisphere, 1988.
- EN54: part 9, BS5445: part 9, Methods of test for sensitivity to fire B.S.I., 1984.
- Gupta, Y.P., Automatic fire detection systems: aspects of reliability, capability, and selection criteria, Fire Safety Journal, Vol 8, pp 105-117, 1984/85.
- Guettinger, H. and Scheidweiler, H., New ways towards and solution to the false alarm problem, in Proceedings of the second International Symposium on Fire Safety Science, Hemisphere, 1988.





Hiromitsu Ishii,  
Takashi Ono,  
Nihon University, Tokyo, Japan

Yukio Yamauchi,  
Shigeru Ohtani,  
Hochiki Corporation, Tokyo, Japan

An algorithm for improving the reliability of detection with processing of multiple sensors' signal

**Introduction**

Recent improvement in microprocessors has enabled real time processing of data gathered from sensors in a fire alarm system. Zero-drift compensation and digital filtering were found to be quite effective in reducing false alarms caused by sensitivity variation or transients. However, these measures are less effective in reducing false alarms caused by deceptive phenomena, such as cocking and cigarette smoking. According to our experimental study [1], it is difficult to distinguish an early stage fire from all of these deceptive phenomena, if the processing is based on the data gathered from a single sensor. This is due to the fact that some of the false alarm sources produce quite a similar variation in the temperature or in the smoke concentration. Thus, other kind of analysis, such as correlating the response of different sensors, is needed to increase further the reliability of the detection signal.

The early stage of an enclosure fire can be characterized by presence of combustion which release heat, smoke, and several other species in gaseous form. A most active element of the combustion is the addition of heat to the gas. Strong buoyancy causes the heated gas to flow quickly upward forming a plume. The plume impinges on the ceiling and then forms a radial outward flow under the ceiling (ceiling-jet). The nature of the flow is generally turbulent with strong entrainment. For a given ceiling height, the heat release rate is the most important parameter of the source, because it roughly determines the flow field of the plume and the ceiling-

jet. Smoke and other species generated at the source are carried by the flow while being mixed with the gas of surrounding atmosphere. In the later stage, the hot gas accumulates under the ceiling forming a stratified smoke layer in the upper portion of the enclosure. The variation of the temperature and the species concentration in this layer depends strongly on the configuration and the size of the enclosure as well as the source parameters.

Analyzing the fire conditions using the output of different sensors has an advantage that one can assess the nature of the source by its combustion products. We chose three kinds of sensors for our current experimental study: temperature, smoke and CO gas. These are among the major sources of hazards posed on building occupants in case of a fire. We use a three dimensional coordinate system with each axis scaled respectively to the magnitude of temperature variation (from ambient), smoke concentration and CO concentration. A vector can be defined in this coordinate field with each component having the measured value of each sensor. This vector characterizes the instantaneous condition of the fire by the magnitude of its three component variables. In the ordinary environmental conditions, the coordinate point of this vector stays very close to the origin. With evolution of the fire, the vector point departs from the origin and traces a pattern specific to the kind of combustion. The condition is more hazardous if the coordinate point is away from the origin.

Now, the problem is what kind of algorithm is effective in identifying the fire phenomena. In a previous study [2-4], the authors have developed a method which uses a complex criteria comprising several threshold planes defined in the three dimensional coordinate system, instead of using separate threshold values as in the conventional alarm system. This method is described briefly in the next section. The authors have recently modified this method to include a mathematical fire model (zone model) for assessing the heat, smoke and CO generation rate of the source from each sensor's output variation. The outline of the algorithm and some testing results shall be described in the later section.

### Fire Identification by Complex Criteria

Shown in Fig. 1 is an example of the complex criteria defined in the three dimensional coordinate system, with plots of two typical cases of fire scenario: (a) smouldering fire, (b) flaming fire, and a plot of typical false alarm source: (c) cooking. No alarm is initiated when the coordinate point of the vector stays inside of the closed space comprising three rectangular boxes as shown in Fig. 1. If the vector gets out from any part of the closed surface, then an alarm is initiated.

In these three cases of experiments shown in Fig. 1, the size of the room is identical: a floor area of  $6.7 \times 4.3$  m<sup>2</sup> with a ceiling height of 2.5 m. Thermocouples were used for temperature measurement, extinction meters for smoke and semiconductor gas sensors for CO measurement. The fire source is positioned on the floor at the center of the room and the data were provided by the sensors installed near the ceiling 1.0 m away from the fire axis.

In experiment (a), 12 sticks of wood were placed on a hotplate and heated as they smoulders first and then ignite. During the smouldering stage, the vector traces a line very close to the Cs-axis because of the dominant response of the smoke sensor. Before the self-ignition, the CO sensor output begins to rise, thus the line leaves from the Cs-axis. After ignition, the temperature rises gradually with a little decrease in smoke and CO concentration.

In experiment (b), n-heptane filled in a 20 cm diameter round pan was burned without any external heat. CO sensor response is quite small in this case, thus only the temperature and the smoke concentration increase. The vector traces a line on the T-Cs plane. The moving speed of the vector point is rather rapid compared to the other cases. It should be noted here that in the case of the fire of flaming wood (not shown), the CO sensor also shows a harmonized increase, in addition to the rapid increase in temperature and smoke concentration.

As an example of a possible false alarm source, 9 dishes of fish was grilled with a gas stove (the result is shown by the plot (c)). By the heat of the gas stove, only the temperature increases first, thus the vector point moves exactly on the T-axis and then stays some time at a certain temperature

point. When close to the finish of cooking, as the surface of the fish is charred, the smoke concentration begins to rise but with little temperature variation. No alarm is initiated however, because the vector point stays inside of the closed surface.

As shown above, the threshold planes are designed to be sensitive to the pattern of smouldering or flaming fire but rather insensitive to the controlled fire, such as cooking, in which small amount of heat and smoke emission may be involved [4]. These threshold planes can be designed differently for each enclosure of different size and configuration to compensate their effect on the sensor's output variation. The criteria can also be designed differently taking into account the usage of the enclosure.

The enclosure fire can be defined as a state in which the combustion in the enclosure became uncontrollable, then the fire should develop until the flashover and pose a direct threat to building occupants by emitting great amount of smoke and toxic gases to the whole building. The software controlled fire detection system can play two kinds of roles in this situation. One is to detect the combustion source before it becomes uncontrollable, allowing rapid initiation of proper countermeasures. The other is monitoring of the environmental conditions with respect to the threat to human lives. It is the former role that concerns us here. Thus, we set the detection criteria by the actual intensity or the size of the fire. The method described in this section, however, does not have the feature of assessing the fire size. Therefore, we included a mathematical fire model into our algorithm for the purpose of estimating the heat, smoke and CO generation rate from each sensor's output variation.

### **A Zone Model Approach**

In order to obtain a better knowledge in the enclosure fires, a number of mathematical models have been developed based on the physical sciences. There are two general categories among these models: field equation models and zone models. We seek a model which can be handled with small computing facilities, such as a microprocessor. From this point of view, the fire models in the latter category have the advantage.

### Fire Identification by Complex Criteria

Shown in Fig. 1 is an example of the complex criteria defined in the three dimensional coordinate system, with plots of two typical cases of fire scenario: (a) smouldering fire, (b) flaming fire, and a plot of typical false alarm source: (c) cooking. No alarm is initiated when the coordinate point of the vector stays inside of the closed space comprising three rectangular boxes as shown in Fig. 1. If the vector gets out from any part of the closed surface, then an alarm is initiated.

In these three cases of experiments shown in Fig. 1, the size of the room is identical: a floor area of  $6.7 \times 4.3 \text{ m}^2$  with a ceiling height of 2.5 m. Thermocouples were used for temperature measurement, extinction meters for smoke and semiconductor gas sensors for CO measurement. The fire source is positioned on the floor at the center of the room and the data were provided by the sensors installed near the ceiling 1.0 m away from the fire axis.

In experiment (a), 12 sticks of wood were placed on a hotplate and heated as they smoulder first and then ignite. During the smouldering stage, the vector traces a line very close to the Cs-axis because of the dominant response of the smoke sensor. Before the self-ignition, the CO sensor output begins to rise, thus the line leaves from the Cs-axis. After ignition, the temperature rises gradually with a little decrease in smoke and CO concentration.

In experiment (b), n-heptane filled in a 20 cm diameter round pan was burned without any external heat. CO sensor response is quite small in this case, thus only the temperature and the smoke concentration increase. The vector traces a line on the T-Cs plane. The moving speed of the vector point is rather rapid compared to the other cases. It should be noted here that in the case of the fire of flaming wood (not shown), the CO sensor also shows a harmonized increase, in addition to the rapid increase in temperature and smoke concentration.

As an example of a possible false alarm source, 9 dishes of fish was grilled with a gas stove (the result is shown by the plot (c)). By the heat of the gas stove, only the temperature increases first, thus the vector point moves exactly on the T-axis and then stays some time at a certain temperature

point. When close to the finish of cooking, as the surface of the fish is charred, the smoke concentration begins to rise but with little temperature variation. No alarm is initiated however, because the vector point stays inside of the closed surface.

As shown above, the threshold planes are designed to be sensitive to the pattern of smouldering or flaming fire but rather insensitive to the controlled fire, such as cooking, in which small amount of heat and smoke emission may be involved [4]. These threshold planes can be designed differently for each enclosure of different size and configuration to compensate their effect on the sensor's output variation. The criteria can also be designed differently taking into account the usage of the enclosure.

The enclosure fire can be defined as a state in which the combustion in the enclosure became uncontrollable, then the fire should develop until the flashover and pose a direct threat to building occupants by emitting great amount of smoke and toxic gases to the whole building. The software controlled fire detection system can play two kinds of roles in this situation. One is to detect the combustion source before it becomes uncontrollable, allowing rapid initiation of proper countermeasures. The other is monitoring of the environmental conditions with respect to the threat to human lives. It is the former role that concerns us here. Thus, we set the detection criteria by the actual intensity or the size of the fire. The method described in this section, however, does not have the feature of assessing the fire size. Therefore, we included a mathematical fire model into our algorithm for the purpose of estimating the heat, smoke and CO generation rate from each sensor's output variation.

### **A Zone Model Approach**

In order to obtain a better knowledge in the enclosure fires, a number of mathematical models have been developed based on the physical sciences. There are two general categories among these models: field equation models and zone models. We seek a model which can be handled with small computing facilities, such as a microprocessor. From this point of view, the fire models in the latter category have the advantage.

In a zone model, the fire is treated as an idealized source of energy and mass in the form of heat, smoke and gas. These combustion products are conveyed by the plume into the hot smoke layer. The interface between the hot upper layer and the cold lower layer descends with time as the volume of the upper layer increases. Part of energy in the upper layer is lost to the ceiling and to the walls by convective heat transfer, while little loss is caused for smoke and gas species. By numerically solving a set of equations for mass, energy and species concentration for individual zones (upper- and lower-layer), the spatially-averaged values of temperature, smoke concentration and species concentration can be calculated with input of the heat and species release rate in time-dependent manner.

The zone model has its origin in the work of Kawagoe [5]. A number of models have been developed so far, such as of Rockett [6], Quintiere [7], Mitler and Emmons [8], Zukoski [9], and Cooper [10] for single enclosure fires. One of the authors, Yamauchi [11], developed a model for predicting the response time of smoke detectors. Present study includes the application of theories developed by Zukoski [9], Cooper [10] and Yamauchi [11].

The following set of equations describe the mass, energy and species conservation in the upper-layer of the enclosure.

Mass balance:

$$\frac{d}{dt} \left( \int_{V_u} \rho \cdot dV \right) = \dot{m}_p(z, t) \quad (1)$$

Energy balance:

$$\frac{d}{dt} \left( \int_{V_u} \rho \cdot C_p \cdot (T - T_a) \cdot dV \right) = \dot{Q}_p(t) + \dot{Q}_r(t) - \dot{Q}_c(t) \quad (2)$$

Species conservation:

$$\frac{d}{dt} \left( \int_{V_u} \rho_s \cdot dV \right) = Q_{sp}(t) \quad (3)$$

Equation of state (ideal gas):

$$\rho = \rho \cdot R_g \cdot T \quad (4)$$

A schematic of the model is shown in Fig. 2. Eq. (1) describes that the variation in the total mass included in the upper-layer of volume  $V_u$  is equal to the instantaneous mass flux of the plume  $m_p(z,t)$  at the interface of height  $z$ . Similarly, Eq. (2) describes that the variation in the excess enthalpy of the upper-layer is caused by the addition of heat by the plume ( $Q_p$ ) and the net heat gain by radiation ( $Q_r$ ) subtracted with the convective heat loss to the walls ( $Q_c$ ). Eq. (3) describes that the variation in the total mass of a certain species  $s$  is equal to the mass flux of the species conveyed by the plume ( $Q_{sp}$ ). The same form can be equally used for the conservation of smoke and other gas species. Implicit in Eq. (3) is that the mass fraction of the species in concern is negligibly small in the upper-layer and does not contradict the conservation of the total mass. Eq. (4) specifies the relation between the density and the temperature assuming that the gas is ideal.

Morton et al. [12] provided the following expression for the mass flux of the plume as a function of the heat release rate  $Q_p$  and the height  $z$ .

$$m_p = \alpha \rho_a \left( \frac{g}{\rho_a \cdot C_p \cdot T_a} \right)^{1/3} Q_p^{1/3} z^{5/3} \quad (5)$$

where  $\alpha$  is an empirical constant which takes the value of  $\alpha = 0.21$  (Zukoski et al. [13]).

By additional assumptions of the following:

- (1) The upper layer and the lower layer are homogeneous, with uniform temperature, smoke concentration and species concentration.
- (2) No mixing of gas occurs between the upper and the lower layer, thus the lower layer stays clean with no smoke or other combustion products, and also the temperature of the lower layer stays constant.
- (3) The enclosure has a rectangular shape with all possible openings (e.g. doors and windows) closed except an imaginal leak at the floor level.



- (4) The pressure variation is negligible by the leak at the floor level.
- (5) The combustion source is positioned at the floor level.
- (6) A certain fraction of the heat release rate  $Q_f$  is lost by radiation, thus  $Q_p = (1 - \lambda) Q_f$ .
- (7) The convective heat loss term is proportional to the heat input rate to the upper layer:  $Q_c = \lambda (Q_p + Q_r)$ .
- (8) About half of the heat lost from the source be added to the upper layer by direct radiation:  $Q_r = (\lambda/2) Q_f$ .

Then, Eqs. (1)-(5) yield the following differential form.

$$\frac{dz}{dt} = - \left( \frac{\alpha}{S} \right) \left( \frac{g}{\rho_a \cdot C_p \cdot T_a} \right)^{1/3} (1 - \lambda) Q_f^{1/3} z^{5/3} - \left( \frac{1}{\rho_a \cdot C_p \cdot T_a \cdot S} \right) (1 - \lambda) (1 - \lambda/2) Q_f \quad (6)$$

$$(H-z) \frac{d}{dt} \left( \frac{T_u - T_a}{T_u} \right) = \left( \frac{1}{\rho_a \cdot C_p \cdot T_a \cdot S} \right) (1 - \lambda) (1 - \lambda/2) Q_f + \left( \frac{T_u - T_a}{T_u} \right) \frac{dz}{dt} \quad (7)$$

$$(H-z) \frac{d\rho_s}{dt} = \frac{1}{S} Q_{sp} + \rho_s \frac{dz}{dt} \quad (8)$$

With input of the heat release rate  $Q_f$  and the species production rate  $Q_{sp}$  as functions of time and with appropriate initial conditions, Eqs. (6)-(8) can be solved numerically to obtain the temporal values for the interface height  $z$ , the averaged temperature  $T_u$  and the species concentration  $\rho_s$  of the upper layer. We use these equations in a reverse manner, so that we can estimate the heat release rate using the temperature data and the species release rate using the measured data by the sensors.

Before using Eq. (8) of species conservation, we need relations between the measured value and the value used in the computation. The smoke

concentration is generally expressed by the extinction coefficient defined as:

$$K = (1/L) \ln(I_0/I) \quad (10)$$

where  $L$  is the path length,  $I_0$  and  $I$  are the intensities of transmitted and incident light respectively of the extinction meter. There is a well accepted relation between the density of smoke  $\rho_{smk}$  [kg/m<sup>3</sup>] and the extinction coefficient  $K$  [1/m] as:

$$K = \delta \cdot \rho_{smk} \quad (11)$$

where  $\delta$  is a dimensional coefficient equal to  $7.6 \times 10^3$  m<sup>2</sup>/kg for the smoke produced during flaming combustion and  $4.4 \times 10^3$  m<sup>2</sup>/kg for the smoke produced during smouldering combustion (Seader [14]). We use the value  $6.0 \times 10^3$  m<sup>2</sup>/kg, which is the average of the two values, for the smoke of unknown nature.

The CO concentration is generally measured in terms of ppm (parts per million). The measured value  $C_{CO}$  [ppm] can be converted into the density value  $\rho_{CO}$  [kg/m<sup>3</sup>] by the following relation:

$$C_{CO} = (\rho_{CO}/\rho_u) \times 10^{-6} \quad (12)$$

where  $\rho_u$  [kg/m<sup>3</sup>] is the averaged density of the gas contained in the upper layer.

### Algorithm

Fig. 3 shows a flow diagram of the fire detection algorithm based on the estimation of the source parameters. The procedure starts from sampling the data of temperature  $T$ , smoke extinction coefficient  $K$ , and CO concentration  $G$  with fixed interval of time. Then the heat release rate  $Q_f$  and the interface height  $z$  of the moment is approximated using Eqs. (6) and (7) by the iteration scheme. An initial approximating value of  $Q_f$  is chosen to obtain a tentative value  $T_0$  for the temperature and this tentative value is compared with the measured value of  $T$ . If the difference between the tentative value and the measured value is greater than a convergence constant  $\epsilon$ , then the value of  $Q_f$  is modified to obtain the next tentative value  $T_1$ . This sequence is repeated until the difference

becomes sufficiently small. After obtaining a suitable value for  $Q_f$ , then the smoke generation rate  $Q_{smk}$  and the CO generation rate  $Q_{CO}$  for the moment are approximated using Eq. (8) following the same scheme.

After obtaining the approximated values for the source parameters of our concern, then we calculate the cross correlation functions  $R$  between every two of the source parameters in order to see the extent of the correlation with each other. The definition of the correlation function is as follows:

$$R = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_x S_y}} \cdot W \quad (13)$$

$$S_x = \sum_{i=n_1}^{n_2} (x_i - \bar{x})^2, \quad S_y = \sum_{i=n_1}^{n_2} (y_i - \bar{y})^2,$$

$$S_{xy} = \sum_{i=n_1}^{n_2} (x_i \cdot y_i) - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}, \quad (n = n_2 - n_1 + 1)$$

where  $X, Y$  stands for any two combination from  $Q_f, Q_{smk}$  and  $Q_{CO}$ ;  $n$  is a number of data points to be used; and the bar over  $X$  and  $Y$  means that they are the temporally averaged values.  $W$  is a weighting function whose value is equal to the length of the vector  $D$  as defined:

$$W = |D| = |U_1 \cdot i + U_2 \cdot j| \quad (14)$$

where  $U_1$  and  $U_2$  stands for any two of the source parameters  $Q_f, Q_{smk}$  and  $Q_{CO}$  with optimized scaling;  $i$  and  $j$  are the unit vectors of the corresponding axes of the rescaled three dimensional coordinate system. The rescaling of the parameters is done to adjust the importance of the three parameters in fire identification. The optimum values for the rescaling factor is discussed in the next section.

The weighted cross correlation function  $R(t)$  is sensitive to the variation of the source parameters with harmonized behavior as well as to their actual

magnitude. Thus, this correlation function can be used as an identifier for analyzing the conditions of the fire.

### Testing Result and Discussion

An upholstered chair of metal frame with polyurethane form cushion and polyolefin cover fabric was burned in an enclosure to test the algorithm. The floor area of the room is 28.8 m<sup>2</sup> and the ceiling height is 2.5 m. Fig. 4-(a), (b) and (c) respectively shows the variation of the output of the three sensors installed in the room with plots of estimated values of the heat release rate, smoke production rate and CO production rate. To obtain this result, the values of the radiative loss fraction  $\lambda$  and the convective loss fraction  $\lambda$  have been set as  $\lambda = 0.35$  and  $\lambda = 0.39$  respectively. It is noted that the plots of the sensor response in Fig. 4 are already smoothed by numerical filtering. The chair was ignited by a small flame on the top at the center of the seat cushion. After ignition, the flame propagates slowly on the cushion to the radial direction. The temperature variation is rather small at this stage, compared to some occasional increases in the smoke concentration. The temporary increase of the smoke concentration around 400 sec after ignition is caused by smouldering of the back cushion after the flame front arrives at the edge of the seat cushion. About the same time, the CO concentration begins to rise. At the time of 410 sec, the back cushion ignites, then all sensors respond to show a sharp increase. As of the combustion products generation rates, both the smoke and CO production rates show greater variation than the heat release rate during the smouldering combustion, and then all three parameters of the source increase quite rapidly with conversion to the flaming combustion.

Fig. 5 shows a similar test result with a false alarm source: cooking. The same experimental data shown in Fig. 1 is used for this test, with which 9 dishes of fish was grilled with a gas stove in a room of 28.8 m<sup>2</sup> floor area and 2.5 m ceiling height. After ignition of the gas stove, the temperature rises gradually, then saturates after about 200 sec. The smoke concentration and the CO concentration show little increase during most of the cooking. When the fish begin to be done, however, both the smoke and the CO concentration show a small increase. The increase in the smoke concentration is rather important, because its peak value is close to the

sensitivity value of smoke detectors. Characteristic with the heat release rate is that it is small and quite constant. On the other hand, the smoke and CO production rates show a small increase when the fish were being charred. Note that the variations of the production rate of both species have little correlation with the heat release rate which is rather constant.

As clearly demonstrated above, the estimated values of the source parameters are quite reasonable to explain the variations of the sensor output and the nature of the fire source. From these and similar experiments, we found that a concerted increase in the three source parameters is generally observed with a flaming fire source which might develop into uncontrollable. On the other hand, with a controlled fire source, such as cooking or cigarette smoking, the correlation between the heat release rate and the species (smoke or CO) production rate is rather small. Thus, the weighted correlation function  $R$  defined as Eq. (13) can be used as an effective identifier for analyzing the fire conditions.

The characteristics of the correlation function  $R$  is dependent on the scaling factors of its member functions. After analyzing our experimental data, we chose the following respective values as appropriate for characterizing the source conditions:  $Q_f = 15 \text{ kW}$ ,  $Q_{smk} = 0.3 \text{ g/s}$  and  $Q_{CO} = 0.1 \text{ g/s}$ . These values are regarded to have equal importance and used as the units of the member functions of the correlation function. The instantaneous magnitude of the correlation function  $R(t)$  and its derivative value  $dR/dt$  can be referred for initiating the alarm signal.

Fig. 6 shows the variation of the correlation function for the experiment corresponding to Fig. 4: a burning chair. The plot (a) is the variation of the correlation function between  $Q_f - Q_{smk}$ , and plot (b) shows its derivative variation. The correlation function exceeds a threshold value  $R_t$  at the time of 490 sec after ignition. The derivative value is also showing a continued increase in  $R$ , thus an alarm may be initiated at this time. Fig. 7 shows similar plots for the grilling-of-fish experiment (Fig. 5). In this case, the correlation function never exceeds the threshold value, neither no apparent sign is seen in the derivative.

## **Conclusion**

A method has been developed for estimating the heat release rate and the species release rate of the fire source in an enclosure incorporating a mathematical fire model. It has been shown that quite a reasonable estimation of the source conditions is possible using the data gathered from the ceiling mounted sensors. By applying this method to experimental fires, it has been found that:

(1) A strong correlation is generally seen between the heat release rate and the species generation rate of a flaming fire source. On the other hand, there is little correlation between these parameters with a controlled fire source.

(2) The weighted cross correlation function of the source parameters can be used as an effective identifier for analyzing the fire conditions.

## **Nomenclature**

<b>C</b>	concentration
<b>C<sub>p</sub></b>	specific heat
<b>g</b>	gravitational acceleration
<b>H</b>	ceiling height
<b>K</b>	extinction coefficient [Eq. (10)]
<b>m</b>	mass flux
<b>n</b>	number of data points
<b>p</b>	pressure
<b>Q</b>	(heat or species) production rate of fire source
<b>R</b>	correlation function [Eq. (13)]
<b>R<sub>g</sub></b>	gas constant
<b>S</b>	floor area of enclosure
<b>t</b>	time
<b>T</b>	temperature
<b>U</b>	rescaled source parameter
<b>V</b>	volume
<b>W</b>	weighting function
<b>X</b>	1st member of correlation function
<b>Y</b>	2nd member of correlation function

$z$	layer interface height
$\alpha$	plume entrainment constant
$\chi$	radiative heat loss fraction
$\delta$	constant defined by Eq. (11)
$\epsilon$	iteration limit
$\lambda$	convective heat loss fraction
$\rho$	density

#### Subscripts

$a$	ambient
$c$	convection
$f$	fuel
$p$	plume
$r$	radiation
$s$	species
$u$	upper layer
-	averaged quantity

#### References

1. Takeuchi, K. and Ishii, H., Intelligent systems: present designs, what they are and what they might achieve, Intl. Fire Security & Safety Exhbn. & Conf., London, April 1985.
2. Ono, T., Ishii, H. and Muroi, N., Frequency response required for an intelligent alarm system, Bull. of Japanese Assoc. of Fire Science and Engineering, Vol. 35, No. 2, 1986 (in Japanese).
3. Ono, T., Ishii, H. and Muroi, N., An algorithm for fire judgement in early stage, Trans. of the Soc. of Instrument and Control Engineers, Vol. 22, No. 12, 1986 (in Japanese).
4. Ono, T., Ishii, H. and Muroi, N., Multi-dimensional measurement of early stage fire, Trans. of the Soc. of Instrument and Control Engineers, Vol. 24, No. 8, 1988 (in Japanese).

5. Kawagoe, K., Fire behavior in rooms, Report of the Building Research Inst. (Japan), No. 27, 1958.
6. Rockett, J. A., Fire induced flow in an enclosure, Combustion Science and Technology, Vol. 12, 1976.
7. Quintiere, J. G., Growth of fire in building compartments, In Robertson, A. F. (Ed.), Fire Standard and Safety, ASTM STP 614, American Soc. for Testing and Materials, 1977.
8. Mitler, H. E. and Emmons, H. W., Documentation for CFC V, the fifth Harvard computer fire code, Nat. Bur. of Stand. (U.S.A.), NBS-GCR 81-344, 1981.
9. Zukoski, E. E., Development of a stratified ceiling layer in the early stages of a closed-room fire, Fire and Materials, Vol. 2, No. 2, 1978.
10. Cooper, L. Y., A mathematical model for estimating available safe egress time in fires, Fire and Materials, Vol. 3, Nos. 3 and 4, 1982.
11. Yamauchi, Y., Prediction of response time of smoke detectors in enclosure fires, Nat. Bur. of Stand. (U.S.A.), NBSIR 88-3707, 1988.
12. Morton, B. R., Taylor, G. and Turner, J. S., Turbulent gravitational convection from maintained and instantaneous sources, Proc. Roy. Soc., Lond. A., Vol. 234, 1956.
13. Zukoski, E. E., Kubota, T and Cetegen, B., Entrainment in fire plumes, Fire Safety J., 3 (1980/81), pp. 107 - 121.
14. Seader, J. D. and Einhorn, I. N., Some physical, chemical, toxicological, and physiological aspects of fire smokes, 16th Symposium (Intl.) on Combustion, The Combustion Inst., 1976.



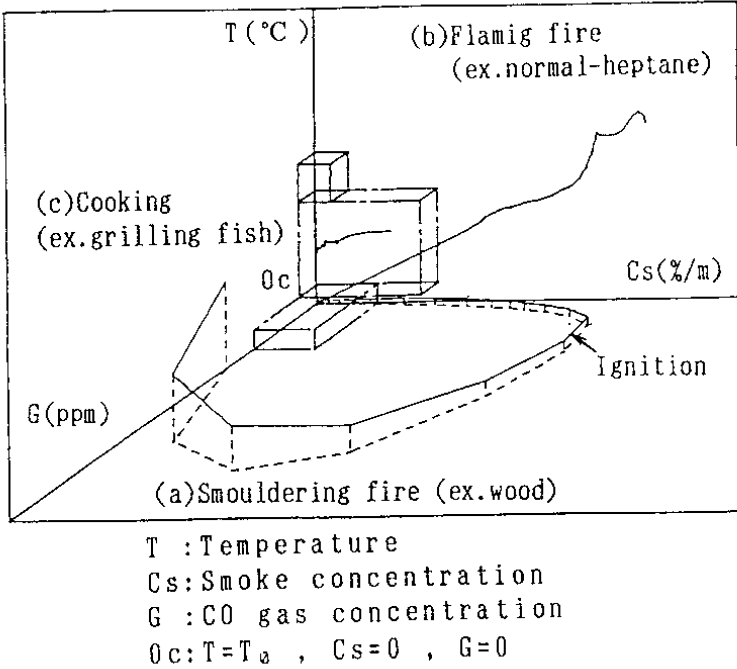


Fig. 1 Complex criteria defined in a three dimensional coordinate system

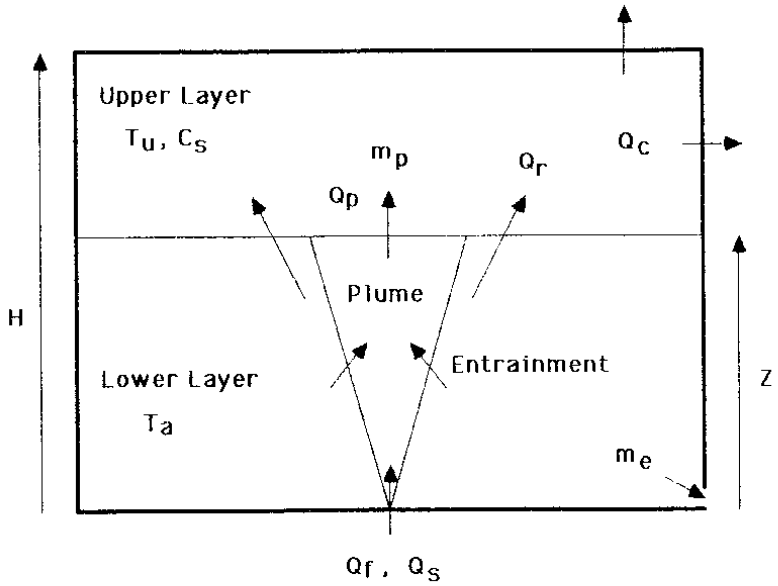


Fig. 2 Schematic of a zone model.

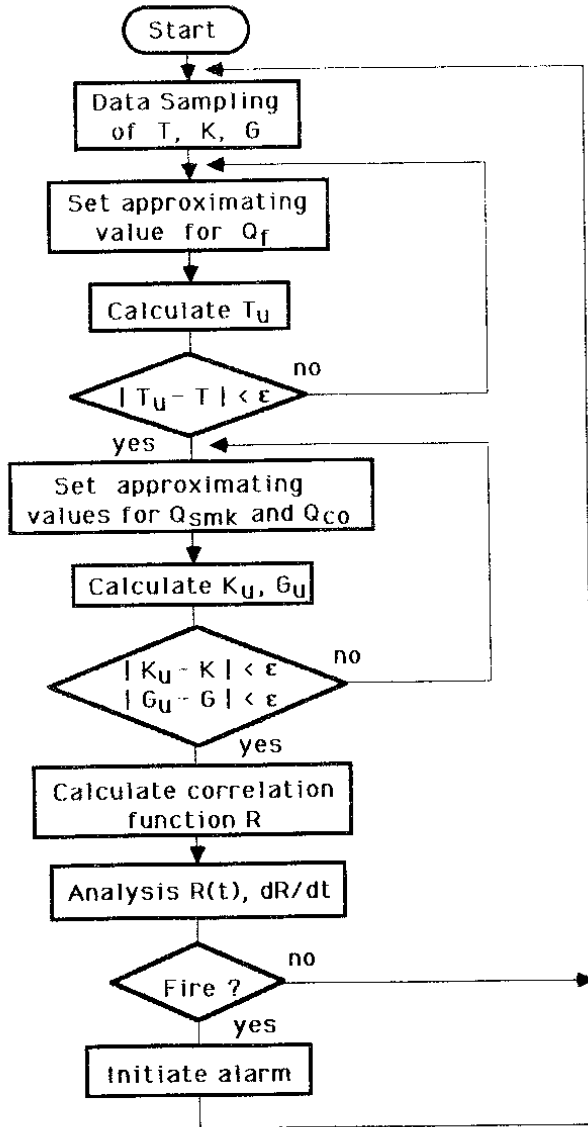


Fig. 3 Flow diagram of fire detection algorithm.

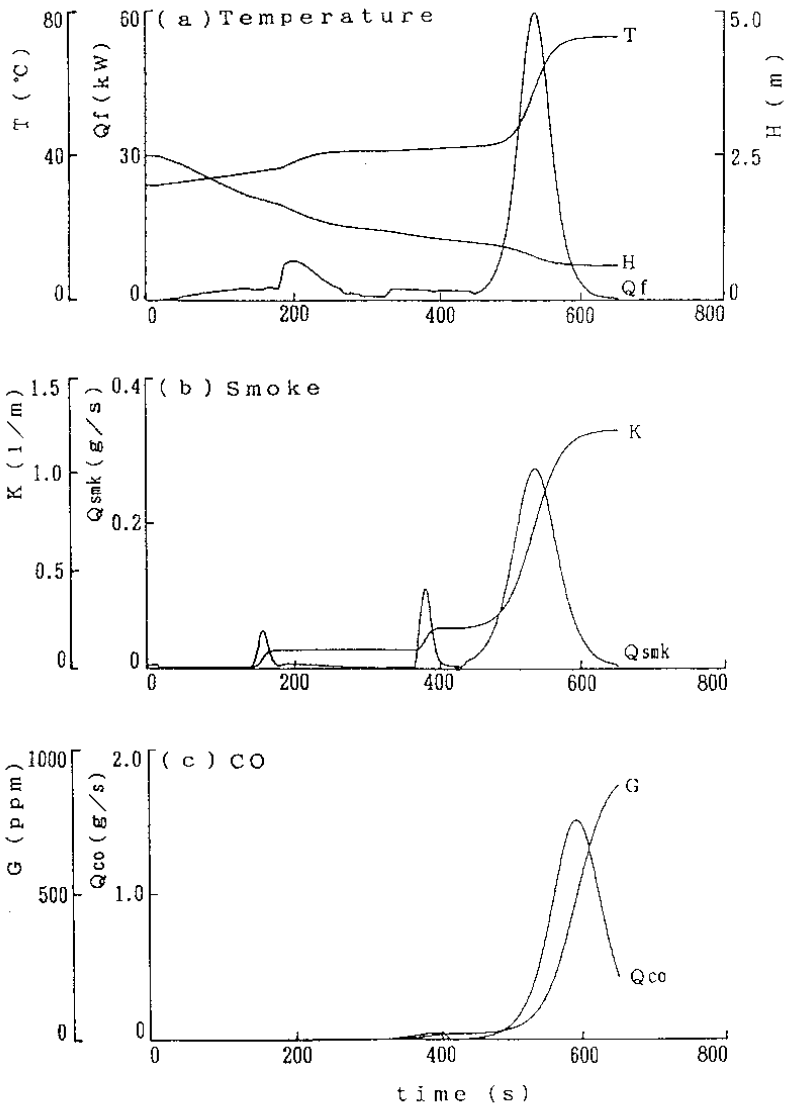


Fig. 4 Sensor response during burning a chair and estimated heat release rate (a), smoke production rate (b) and CO production rate (c).

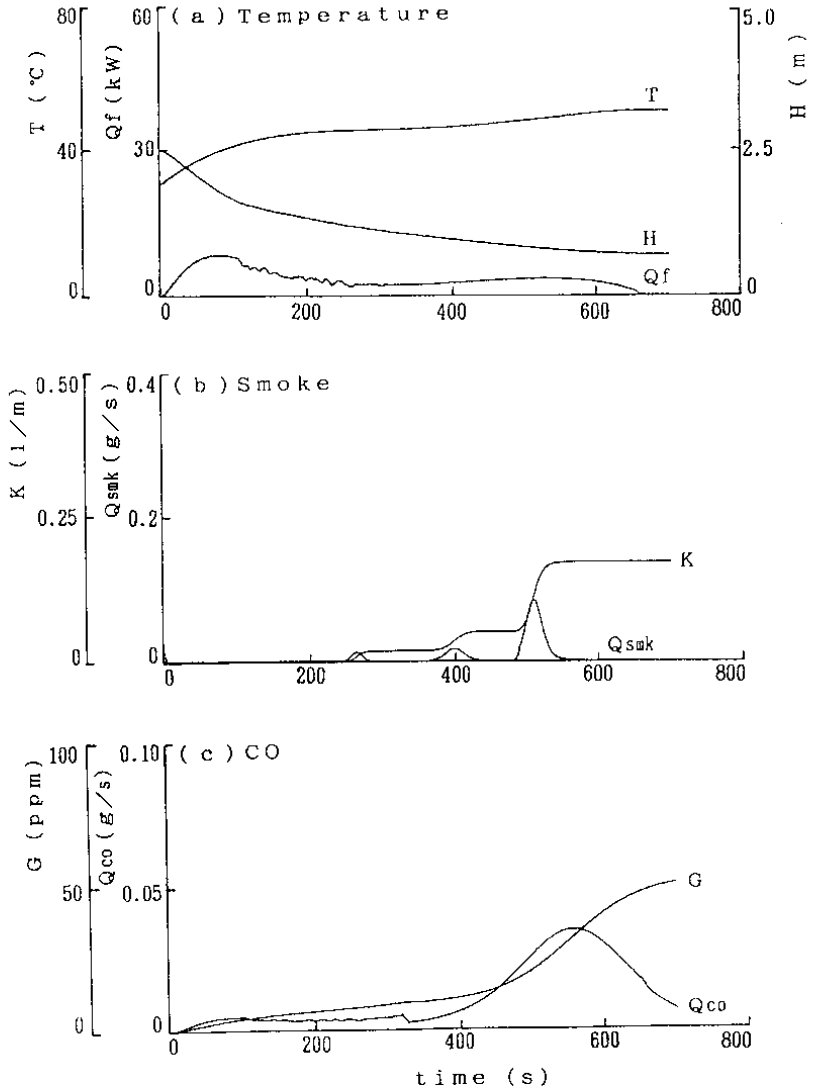


Fig. 5 Sensor response during cooking and estimated heat release rate (a), smoke production rate (b) and CO production rate (c).

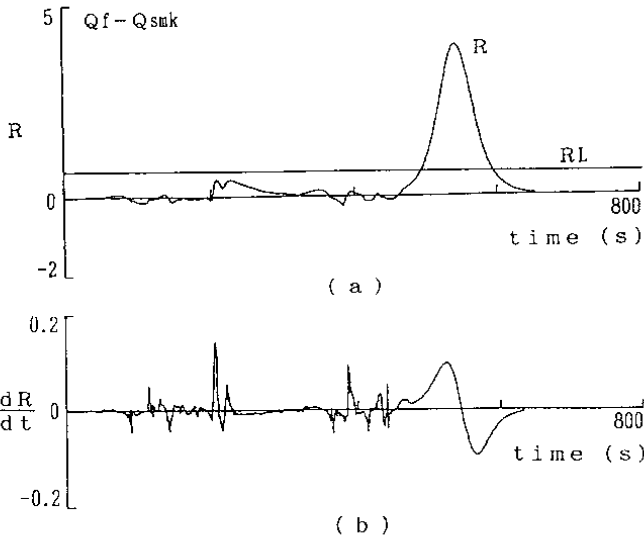


Fig. 6 Variation of the weighted correlation function  $R$  and its derivative  $dR/dt$  during burning of a chair.

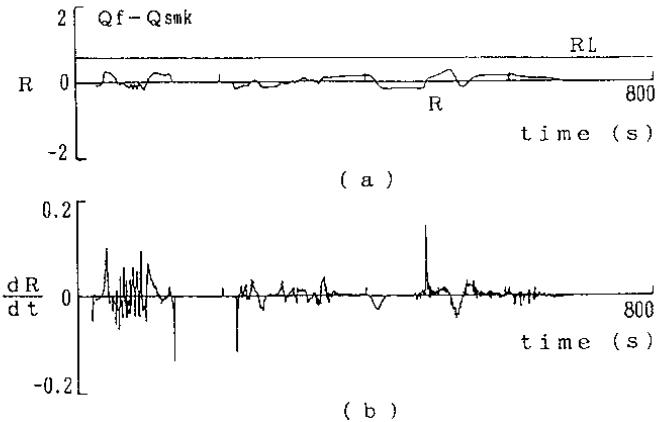


Fig. 7 Variation of the weighted correlation function  $R$  and its derivative  $dR/dt$  during cooking.

G. Roux  
La Détection Electronique Française Protecbat,  
Vanves, France

Problème rencontré avec la modélisation des débuts d'incendie et de ce fait la difficulté d'écrire un algorithme de détection d'incendie.

Il y a 25 ans, c'est à dire quelques années avant le symposium sur les problèmes de détection d'incendie de 1971 à Aix la Chapelle, les connaissances sur l'incendie étaient selon la façon dont-on envisage les choses, soit complètement acquises, soit pratiquement inexplorées.

En effet, les 3 méthodes possibles de détection de l'incendie :

- a - mesure des phénomènes thermiques ;
- b - rayonnement des flammes ;
- c- dégagement de fumée et gaz de combustion ;

étaient connues ; et à ce jour si d'autres méthodes ont pu être proposées (mesure de l'humidité, ultrasons), seul les trois premières sont utilisées.

Ceci résulte du fait que le phénomène de l'"incendie" est un phénomène "rare", si l'on considère comme base de données les surfaces utilisées sur le globe, le nombre de victimes humaines, et même la valeur des produits détruits.

(Sur ce point de vue, je pense ne pas recevoir l'assentiment des assureurs).

Le phénomène de l'incendie est donc très aléatoire, et n'a jamais à notre connaissance, fait l'objet de recherches longues et programmées, tout au moins concernant la détection.

La littérature publiée sur le sujet est assez pauvre ; en particulier sur les débuts d'incendie. On peut citer quelques travaux intéressants soit par eux mêmes, soit par leurs références bibliographiques : (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7).

Vers 1970, l'électronique était bien différente de celle d'aujourd'hui, les circuits à lampes étaient lourds et volumineux. De ce fait, le filtrage du signal par rapport au bruit de fond de l'ambiance (chauffage, coups de soleil, condensation, etc...) était rudimentaire. Avec la venue des semi-conducteurs et en particulier des circuits intégrés, même de moyenne intégration, la situation a changé et la décision d'alarme des détecteurs d'incendie s'est grandement améliorée ; de plus, la fiabilité au sens électrique a beaucoup augmenté pour arriver à la situation actuelle.



Si l'on ne cherche pas à "forcer son talent" une détection correcte avec un nombre réduit de fausses alarmes (1 par détecteur par 10 ans, par exemple), est possible ; de sorte qu'un système à double détection faisant appel à deux phénomènes physiques semblables (détection de fumée par détecteur ionique et optique - détection de flammes par détecteur IR et UV), fait fonctionner directement des dispositifs d'extinction avec un taux de "fausses extinctions" extrêmement réduit.

Telle était et est encore la situation depuis les années 1980.

Malgré cette amélioration, les fausses alarmes sont encore une partie préjudiciable à la crédibilité de la détection d'incendie. Une analyse des fausses alarmes montre que plus de 50% de celles-ci sont dues à un défaut d'exploitation (soudure sans permis, rupture de climatisation, production d'aérosols par pulvérisation de produits divers, flammes anormales, flash photographique, etc...).

NOTA : Il est à noter que l'obtention de bas taux d'alarmes injustifiées passe par une maintenance correcte des installations.

Ces alarmes si elles sont justifiées n'en constituent pas moins aux yeux des services d'intervention (pompiers, surveillants, gardiens, etc...) des fausses alarmes, car non liées à un incendie réel.

A une époque où toute revue qui se respecte, explique que les processeurs (mini-micro, micro-contrôleur, munis de programmes adéquats, intelligence artificielle, programmes experts) sont capables de tout traiter, il paraît normal d'appliquer cette technique à la détection d'incendie pour réduire le nombre de ces fausses alarmes.

Toutefois, avant de considérer plus avant l'utilisation des systèmes informatisés, il est utile de regarder ce qui se passe du point de vue de la fiabilité électrique du système.

Dans les anciennes centrales à logique câblée on peut considérer que le nombre de jonctions (technologie bipolaire) ou le nombre de zones d'effet de champ (technologie MOS ou JFET) ou le mélange des deux, utilisé entre le signal physique capté (température, fumée, rayons) et l'affichage (lumineux et sonore) est de l'ordre de (voir fig. 1) :

- . 200 en logique câblée ce qui correspond à  $\lambda = 1500$  FIT (soit environ 1 panne tous les 8 ans à 90% de taux de confiance) ;
  
- .  $10^5$  ou plus en logique programmée ce qui correspond à  $\lambda = 11000$  FIT.

Ces calculs théoriques sont effectués en appliquant la spécification MIL217 D ou E et ceci pour une température de jonction de 55°C.

On peut constater que d'après cette approche, la fiabilité d'un système à logique programmée est très inférieure à celle d'un système à logique câblée (ceci n'est pas sans incidence sur le prix de la maintenance).

Nous évoquerons uniquement, pour tenter d'être complets sans pouvoir les chiffrer, d'une part la baisse de fiabilité due aux pannes de programme sans doute liées en partie à leur structure ouverte et d'autre part la sensibilité plus élevée aux parasites de ces systèmes.

Ces considérations mises à part, l'intérêt d'un système informatisé apparaît sur plusieurs points :

a - Faciliter l'exploitation

Générer un dialogue homme - machine : dans un système, l'homme est l'élément le moins fiable de la chaîne ( $\lambda$  de l'ordre de  $10^6$ ) de sorte qu'un système fournissant des informations claires et précises (consignes courtes, synoptique du bâtiment avec parties concernées par l'incendie et cheminement optimum de secours) tend à l'amélioration de cette fiabilité. Les concepts applicables sont ceux exposés dans les ouvrages spécialisés (8).

b - Effectuer automatiquement des ajustages sur le système de détection (Monitoring)

Par exemple :

- . Supprimer ou changer le système de détection entre la période travail et la période de repos dans un atelier (détection thermique pendant le travail, détection fumée pendant la période de repos).
  
- . Mettre hors service de détecteurs individuellement ou par groupe , possibilité précieuse dans les locaux où l'accès est difficile (bâtiment de réacteur d'une centrale Electrique par exemple).

Ces fonctions étant possibles mais très compliquées à réaliser en logique câblée, du fait du nombre de câbles utilisés.

c - Permettre une aide à la maintenance

En tenant à jour un journal de la vie de l'installation, on peut effectuer des calculs statistiques dans un autre système dédié à cette fonction, ces calculs indiquant selon les positions et l'environnement des détecteurs, la ou les lois de maintenance.

d - Communiquer sous une forme évoluée des informations d'incendie (SDI)

Ces informations peuvent être : évolution géographique en fonction du temps, localisation précise par détecteur, etc... qui transmises à un système de mise en sécurité incendie (SMSI) générera à partir d'un programme pré-établi et des informations SDI, des actions de sécurité (compartimentage, désenfumage, extinction). Le système SMSI pouvant recevoir d'autres informations en provenance de la climatisation (par exemple) et en ajoutant celle-ci, à celle du SDI, il pourra optimiser les actions au mieux. Il pourra de plus et à partir d'un plan d'évacuation établi à l'avance (9), fournir aux exploitants en fonction de l'évolution de l'incendie, la solution optimum diminuant ainsi les risques de panique.

- e - Enfin réduire les alarmes injustifiées en assurant un filtrage plus efficace des signaux délivrés par l'incendie.

Pour cela il serait utile de connaître parfaitement les phénomènes liés à l'incendie, et en particulier, la façon dont le signal se transmet à la partie capteur du détecteur. C'est à dire pratiquement à la partie chargée de transformer en signaux électriques les signaux physiques de l'incendie, à part pour les détecteurs de flamme IR ou UV où ce paramètre est bien connu et invariable ; pour les autres types de détecteurs le même paramètre est très aléatoire.

En effet, pour avoir un intérêt, la détection doit être rapide et si l'on se réfère à la norme NFPA 72E l'incendie lent est défini comme un foyer dont la puissance atteint #1000KW en moins de 7 minutes l'origine étant l'apparition de flammes, on voit que si l'on estime le temps d'intervention du personnel à cette ordre de grandeur, il est impératif de détecter soit avant l'apparition des flammes soit au tout début de celles-ci (10). Si l'on examine différents foyers à leur début on peut constater dans différents documents : (11) (12) (13) (14), que la puissance des foyers soit mesurée, soit proposée dans la phase de début des incendies, c'est à dire en majorité pour des foyers producteurs de fumée, ne dépasse que rarement 5 Kw.

De ce fait, l'arrivée de la fumée aux détecteurs est très aléatoire, et il semble difficile, pour ne pas dire impossible, d'établir une loi sur la captation de fumée par un détecteur ponctuel : la courbe fig. 2 montre la probabilité de détection d'après les résultats d'essais dans une pièce identique pour des foyers test (3). On trouvera une analyse détaillée sur ces foyers en (4). Pour un détecteur type faisceau la loi de variation pourrait être plus simple car l'obstacle présenté par le corps du détecteur est inexistant, de plus la fumée peut être diluée sur une grande longueur, ou concentrée sur une faible distance, sans changer le signal détecté qui est seulement lié à l'affaiblissement total.

Si l'on considère les causes de fausse alarme, les alarmes justifiées éliminées (défaut d'exploitation), on constate que la majorité de celles-ci sont dues à des variations climatiques provoquant des alarmes nombreuses sur les détecteurs de fumée optique et catastrophiques sur les modèles à chambre ionisée. Les enregistrements effectués sur des foyers montrent des variations dont la forme est sensiblement identique aux signaux délivrés par les variations climatiques. On peut considérer actuellement que pour des détecteurs de faible sensibilité (détecteur thermostatique - foyer test  $> 500$  KW) le nombre des fausses alarmes est pratiquement nul, et que pour les détecteurs thermovélocimétriques (foyer test  $\geq 100$  KW) le nombre de fausses alarmes est faible.

Si l'on désire détecter des foyers pour des puissances inférieures ( $< 5\text{KW}$ ) dans l'état actuel de nos connaissances sur l'incendie il semble difficile de donner un algorithme de filtrage des fausses alarmes sans donner en même temps un filtrage des alarmes vraies.

Les différentes publications sur le sujet (15) (16) (17) (18) (19), montrent que des algorithmes deviennent valables et reproductibles que pour des foyers dépassant  $100\text{KW}$ , et surtout dans la tranche  $> 500\text{KW}$ .

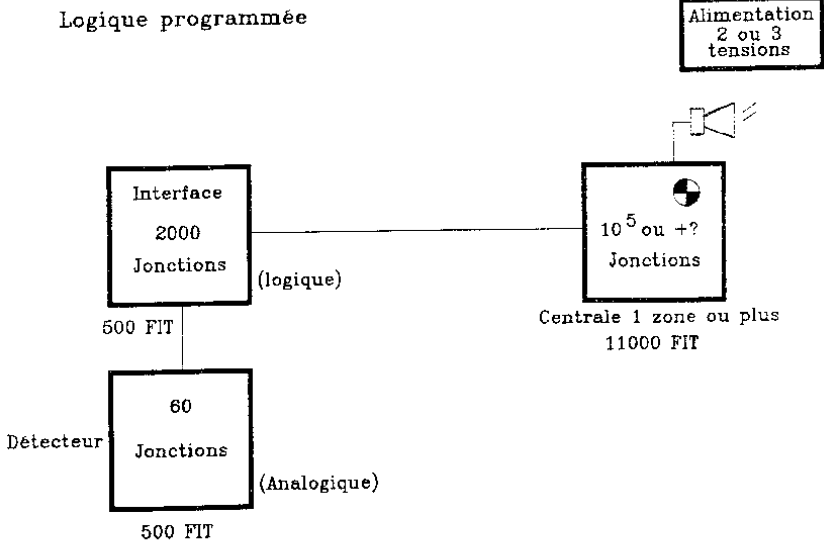
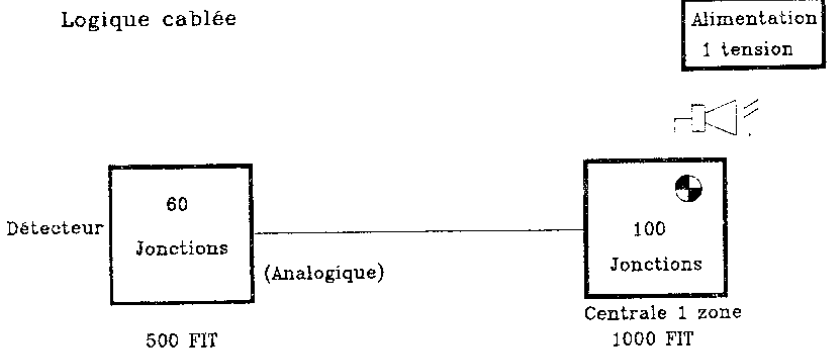
Il est, hélas, à remarquer que c'est pour des foyers de l'ordre de  $5\text{KW}$  qu'il est utile de détecter si l'on veut assurer une intervention précoce et ainsi de faibles dégâts.



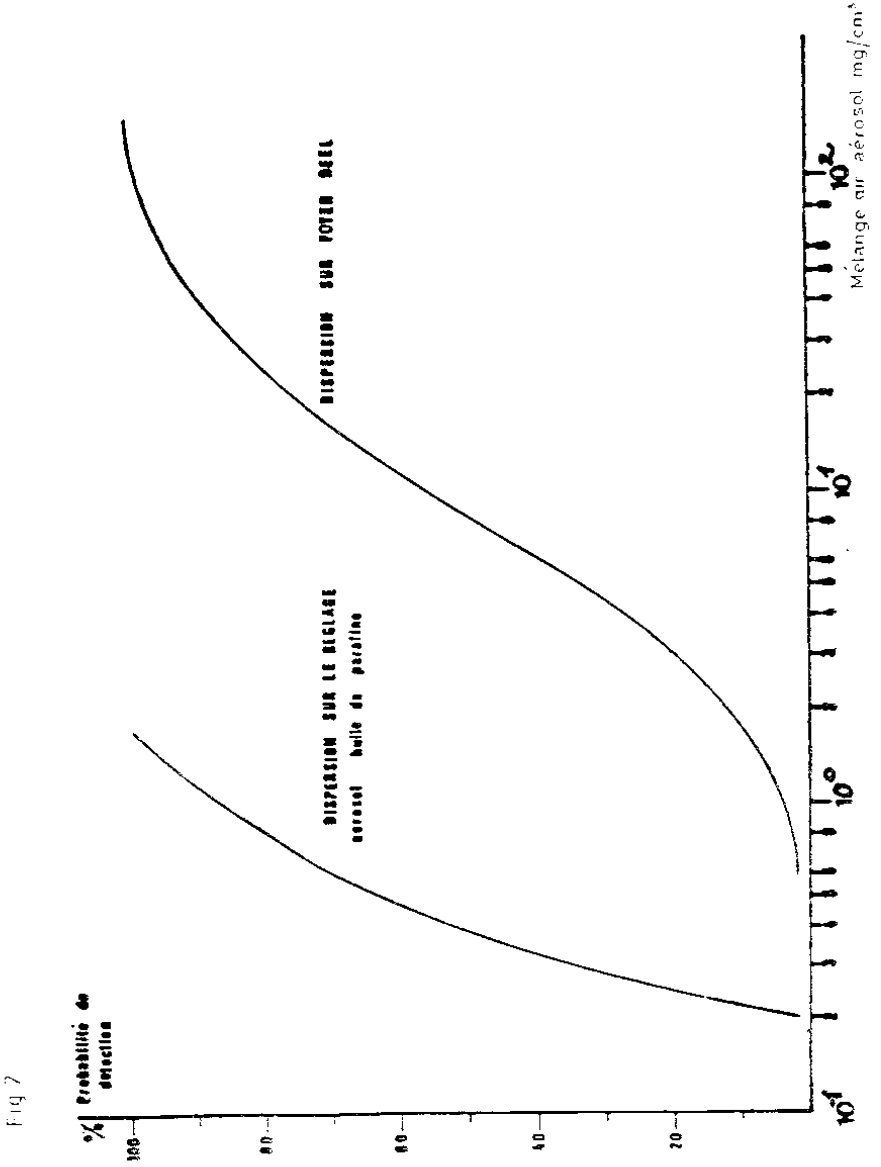
- 1 - Modeling laws for Convective Flow driven by fire 1971 ;
- 2 - Détection Sensitivity and siting requirement for DWELLING - 1 et 2 1975/77 ;
- 3 - Caractéristiques des aérosols de combustion Fire International 12/1980 et 3/1982 ;
- 4 - Modèle d'analyse des données granulométriques J. Mars AUBE 1982 ;
- 5 - Prediction of heat and smoke movement in enclosure fire AUBE 1982 ;
- 6 - Temperaturstrahlung als Kenngrösse von Entstehungsbränden - 1972 ;
- 7 - Séminaires de physique des aérosols 1962 - 1964 - 1972 - 1974 - 1978.
- 8 - Erreur humaine, fiabilité humaine dans le travail - Leplat chez Armand Colin.
- 9 - (Simulation model of occupant decision and action in residential fires) Fire Technologie 8 1988.
- 10 - Study of efficiency of fire Detection and alarm systems Euroalarme 10/1988.
- 11 - The detection of smoke in air conditioned on ventilated building IEI (Australia) 1983.
- 12 - Foyer test de la règle R7 APSAIRD 10/1985.
- 13 - Foyer test norme EN 54-9 CEN CENELEC.
- 14 - Foyer test CEA.
- 15 - Environment of fire detector FM 7-77

- 16 - Development of Engineering Mode and design aids to predict flame movement and fire sensitivity within a Room NBS PB276805.
- 17 - Principles for fire detector. Fire Technology 4-1988.
- 18 - Processus Aided fire detector NRL 12/1977.
- 19 - Multiple single chip microcomputer approach to fire detection in motorring systems, Proceedings IEE 2/1988.

Fig.1



1FIT =  $1 \cdot 10^{-8}$  Panne/heure



J N Smithies, P E Burry, M J Spearpoint  
Fire Research Station, Borehamwood, Herts, UK

Background Signals from Fire Detectors  
Measurement - Analysis - Application

ABSTRACT

A research programme has been running in excess of three years monitoring and recording the signals produced by individual heat and smoke sensors in a medium sized analogue addressable fire detector installation.

The data has been recorded on 40 Mbyte Winchester discs which have been connected via electrically isolating circuitry to the same scanner interface as the Automatic Fire Detection Systems computer. One 40 Mbyte capacity disc is capable of collecting and recording all of the scan data continuously, at the system scan rate, for a period of 5 days.

A second smaller analogue addressable system has been monitored by a microcomputer event logging system for a period of approximately 4 years.

Various forms of statistical treatment and analysis have been carried out on the data. The preferred form appears to be 'Return Period Analysis' - a cumulative logarithmic frequency analysis showing the number of times threshold signal levels have been exceeded. The latter technique enables a relationship between threshold analogue signal levels and frequency of false alarms to be predicted.

The measurement and analysis techniques developed are applicable to the commissioning of both new installations and extensions to existing installations. The techniques enable potentially troublesome sensor points to be identified before they can cause false alarms.

The approach can reduce the number of false alarms and may thus enable the sensitivity of parts of the system to be enhanced.

## 1 Introduction

A major problem with any fire detection system is the occurrence of false alarms. These can cause unnecessary disruption and disturbance, destroy the confidence of the occupiers of the building in the automatic fire detection system and waste the resources of the Fire Brigade. False alarms can be produced by faulty detection equipment, bad siting of the sensors or by various environmental effects such as draughts, dust, fumes or from poorly managed or inadequate maintenance etc.

In Britain false alarms generated by automatic fire detection systems can outnumber real fire alarms by as much as 20:1 (1,2). The introduction of analogue sensors and central signal processing into the fire detection industry has made it possible for the equipment to make more considered or comprehensive judgements before signalling a fire alarm. It is estimated that the ratio of false alarms to real alarms can be reduced to approximately 3:1 using well adjusted automatic fire detection systems based upon analogue addressable sensors.

In order to obtain a better understanding of the signals arriving at the central fire detection microcomputer and the decision algorithms required to process these signals a data monitoring exercise has been carried out.

## 2 The System

The main source of data in this work is an analogue addressable commercial fire alarm system installed some years ago by Autronica Industrial in a Hospital in the South of England (3).

A second smaller analogue addressable system running at the Fire Research Station has been monitored by a microcomputer event logging system for a period of approximately 4 years.

The Hospital fire detection system comprises 11 data loops connected to 2 monitoring consoles which supervise 5 and 6 data loops respectively. Each loop can monitor up to 99 sensors or devices; in this particular installation the numbers of devices installed on each signal loop varies from 30 to 88. Each device attached to a loop can be individually interrogated by the control console. When interrogated the device sends a reply pulse whose duration is proportional to the output from the

device. The system scans the loop, interrogating each device in turn. A single scan of the whole loop takes 5 to 7 seconds depending on the total number of devices and their actual readings.

In the hospital installation two basic categories of device are used:- analogue output and switched output. Smoke sensors (either optical or ionisation chamber) are of the analogue output type, while all the other devices attached to the system are of the switched output type. Switched output devices can be heat detectors (fixed temperature or rate-of-rise), manual call points, or special inputs (such as alarms from other systems).

The switched output devices can produce one of three output levels, corresponding to on, off and fault. Although these three levels should nominally be constant, in practice a small amount of signal noise together with the analogue-to-digital conversion process at the interface with the monitoring computer causes some slight variability in the levels recorded.

The decision making algorithm used by this commercial fire detection system uses three signal threshold levels:-

For any particular device, scan readings below the bottom threshold indicate a fault.  
Readings above the mid threshold generate a warning message.  
Two consecutive readings above the upper threshold produce a fire alarm situation.

This algorithm has been used in parts of the data analysis.

### 3 Data Measurement and Collection

The data collection hardware accesses the output from the data loops via opto-isolators mounted in the control consoles. It consists of a system based on 8 bit microprocessors (6502) which stores the data on a hard (Winchester) disc with a capacity of 40 Mbytes. No data reduction techniques were used to compress the amount of data to be stored. Consequently, because of the rate at which data was being produced by the fire detection system and the limited storage capacity of the logging equipment it was only possible to monitor 6 data loops continuously for periods of 5 days. In total 384 devices were logged (3 data loops per console), of which 245 gave analogue outputs and 139 gave switched outputs. Analysis was carried out off-line at the Fire Research Station.

Data has initially been collected over five periods. Each period was approximately five days of continuous data recording and the five periods were spread over approximately 16 months. During the first period of data collection any information about the system, such as whether the outputs were from call points or sensors or the specific type of sensor, was deliberately left undetermined. The locations of the sensors and call points in the Hospital were also not investigated. No false assumptions about the readings would thus be made due to knowledge of sitings of the devices or type of sensor, this approach lead to some interesting conclusions and deductions during the period of the trial.

#### 4 Analysis of Data

##### 4.1 Sensor Output/Time Graphs

Each set of data comprises approximately 70 000 scans for each of the 6 data loops. Clearly it is thus not practical to display every separate value of the readings from a given sensor throughout each data collection period. A time-scale compression method is therefore adopted to produce graphs for display purposes. In these graphs the range of readings over a short interval (approximately 5 minutes) is shown as a vertical line extending between minimum and maximum values which occurred during the time interval. The following points quickly emerged from examination of this type of graph:-

Some of the sensor outputs show a definite diurnal periodicity (figure 1) which is probably due to some environmental effect.

Several sensors were found to be producing output levels which were varying in an apparently random manner over a relatively wide range (figure 2)

The diagrams all show a sudden drop in their output at the same approximate time, indicating the whole system being reset and restarted. However some sensors have outputs which seem to fall very low at other unconnected times. Clearly this could not be due to a complete system reset. Subsequent investigation revealed that the cause was due to single loops being reset independently of the remainder of the system.

The graphs were also used to study the output from the system's manual call points. For the majority of these it was found that the readings were very steady with a small fluctuation of 2 units (digitisation errors). However, for each data period examined, two of the manual



call points were found to have produced large single spikes reaching a value above the alarm threshold (figure 3). Subsequent examination of the records kept by the Hospital maintenance staff revealed that manual call points were selected at random at this time every Wednesday for a test alarm - thus causing the single high reading spikes found on the graphs.

It has already been explained that the fixed temperature detectors and rate-of-rise detectors operate as three state switches and consequently the type of graphs produced by these devices were similar to those produced by manual call points.

#### 4.2 Detailed Examination of Individual Events

Examination of the compressed form of the sensor output vs time graphs gives an indication of the time at which events of possible interest occurred. These time can be ascertained either by visual inspection or by software techniques.

Figure 4 shows a large peak on the output graph of an optical sensor. The peak is shown in scan-by-scan detail in figure 5. The detail graph shows an increase in output of approximately 40% with a duration of nearly 5 minutes.

Inspection of the Hospital records showed that at the time in question a pre-alarm warning had been given by the system, and that the cause was a workman cleaning and dusting some of the equipment in the plant room. The dust entering the sensor generated the increase in signal level shown on the detailed output graph.

The graphs of individual readings for noisy output or randomly fluctuating output devices were also examined in detail. For example, the output from one sensor gives graphs showing the noise as small random spikes (figures 6a & 6b). These spikes are normally a few minutes apart with the remaining outputs staying fairly constant. The frequency of the noise is not apparent from the corresponding sensor output vs time graph.

#### 4.3 Long-term Changes

For each of the data collection periods the mean output values were calculated for each sensor. A comparison of the mean values for the individual sensors during any two of the data collection periods could be

then made. Should the difference between the mean readings be large it might indicate a fault in the device or that a sensor had become dirty.

By the same method any long term drift in the mean output of the devices was found by arithmetically comparing the first and last data collection periods. Those devices which showed a marked variation were investigated further. A graph was drawn with the mean reading plotted against the approximate date of the logging period.

This simple comparative technique indicated varying degrees and directions of drift was being exhibited by several of the optical sensors. Graphical indication of some of the long term drift encountered is shown in figure 7. In some instances if the level of drift were to continue in a linear fashion then fault conditions would be generated after approximately 18 months following on from the last recording period.

It is interesting to note that there was evidence of both negative and positive degrees of drift. All of the devices that showed any significant degree of drift were optical sensors. This may indicate that they are more susceptible to drift and may require more frequent maintenance than ionisation chamber sensors.

#### 4.4 Analysis based upon 'Return Period'

The decision to use this relatively unusual method of analysis is based on experience gained at the Fire Research Station some years ago when carrying out a large scale investigation of ambient environmental conditions (temperature, air velocity, optical density etc) (4).

The *return period* of a recurrent event can be defined as the average time period between occurrences of the event.

In this analysis, the *event* is the analogue signal level coming from a sensor exceeding a specified level.

The *period* is defined as the time interval over which the whole file was recorded.

The *return period* for a specified signal level is taken as the *period* divided by the number of readings at or above the specified level.

A simple, visual and effective way to analyse the performance of a smoke sensor is to consider a return period graph of its output.

This can best be displayed as a form of frequency graph, in which the return period (or its logarithm) of a particular output level is plotted against that particular level. From this graph the theoretical mean interval between false alarms for any given alarm threshold can be determined. For example, from the hypothetical curve of figure 8 a reading of 70 or greater occurs approximately every 3 weeks and consequently, if the alarm threshold were set at 70 a false alarm could be expected, on average, every 3 weeks.

In the system being monitored, however, the occurrence of a single value at the alarm threshold will not result in the fire detection system producing a fire alarm. To obtain an alarm condition two consecutive scan readings must exceed the alarm threshold. Thus for an alarm to be given by any pair of readings the threshold must be equal to or lower than the lower of the two readings. The data has therefore been analysed to give two curves: one representing the single value case and the other simulates the fire alarm system in use by representing the *lower-of-two* or *dual-value* case to simulate the actual fire alarm system in use.

These two curves can then be extrapolated by forming a straight line between the end of the curve and the return period reading at approximately 60 seconds. From these extrapolations a prediction was made of the level at which a return period of 250 years would be given; the 250 year point was chosen as being approximately the frequency with which individual sensors can be expected to raise real fire alarms.

#### 4.5 Observations on the Return Period Analysis

A feature found on the return period output graphs of some sensors was a large difference between the two predicted 250 year levels (figure 9). This was found to be due to a high level of random noise. The single value method accepted the noise peaks, while the dual value method tended to average out the positive and negative peaks, recording only the lower level. A large gap between the two return period graphs therefore indicates a 'noisy' sensor - 'noise' may not necessarily be due to the sensor but to its surrounding environment.

One such noisy sensor was an optical sensor sited in a walkway tunnel (figure 2). On investigation, it was found that there were three other sensors located close by in the same tunnel which did not exhibit the same varied output. There were no significant environmental differences between the sensors in the area so it was possible that the sensor was giving unusually high fluctuations due to an internal fault. This is investigated further in section 5. However, even though this sensor could have been considered faulty it was noted that only the single value predicted maximum output gives a value above the pre-alarm warning level.

#### 4.6 Cumulative Device Return Period Graph

The return period graph for an individual sensor gives an indication of the performance and sensitivity of that sensor. If the data from each sensor in the monitoring system is integrated, it is then possible to investigate the return period graph for all of the sensors on the detection system.

#### 4.7 Absolute Graph

Initially each type of device and data collection period were analysed separately. The number of scans for each output level were accumulated for each type of sensor. This data was then used to draw the return period graph in the same way as for a single sensor. However, the graph now shows the average return period for all those sensors. These graphs are referred to as the *absolute return period graphs*. This results in an effective increase in the amount of data. Consequently these curves extend further than for an equivalent single sensor.

#### 4.8 Prediction of the Total Number of False Alarms

False alarms are more likely to be generated by optical or ionisation chamber sensors than by switched output devices. Consequently, calculation of the predicted false alarm rate was concentrated on the two types of sensor.

The dual value return period at the alarm threshold is found from the 'absolute return period graph'. This is equivalent to the expected number of false alarms per year from a single sensor. This return period multiplied by the number of such sensors in the detection system gives a prediction of the number of alarms from all the sensors of that particular type. The

integration of the predicted number of alarms for each sensor type will give the expected number alarms from the all of the sensors which have been monitored.

Using the data from the first collection period, this resulted in the predicted number of false alarms of approximately 0.16 per year (or 1 in 6 years). The predictions using data from the remaining collection periods are significantly less, at least a factor of 10 better. The high prediction for the number of false alarms from the first period is probably due to the spike of readings from a single sensor.

It was found that optical sensors made the main contribution to the predicted number of false alarms. This is due to two factors; larger return period number at the alarm threshold and nearly three times as many optical sensors than ionisation chamber sensors were monitored.

#### 5 Exchange of Sensor Heads

It has been stated that examination of the sensor output vs time graphs and examination of the Return Period graphs had indicated several sets of noisy or random readings being produced by specific sensors. In an attempt to discover whether the readings from the sensors with noisy or erratic outputs was due to the sensor heads, the environment or some other effect an exchange was made with heads of sensors which were known to be producing normal outputs. A new logging period was commenced with the heads in their original positions. This was to check that the sensors were still producing similar outputs as seen in the earlier data collection periods. After approximately one day of logging three pairs of adjacent heads were exchanged and the data logging continued for a further 3 days.

Analysis of the sensor output vs time graphs of these sensors for this particular period clearly shows that the exchange took place at approximately 12.00 on 28/2/89. It can be seen that the noise does not continue from the original locations but is transferred to the new positions (eg. figures 10a & 10b). Therefore, it was concluded that it was the sensor heads that were the cause of the noise.

## 6 Conclusions

It can be seen from the results that the majority of sensors were operating normally and their outputs had not deviated significantly over the 18 month monitoring period. A high proportion of those sensors which were highlighted from the first set of records were found to have similar characteristics in each subsequent set of records. It has also been possible to pick out devices that have been replaced due to changing circumstances of occupancy in the hospital.

A prediction for the number of possible false alarms due to ambient conditions can be made from the data analysis carried out in the form of Return Period graphs. In this particular case the false alarm rate predicted for the six loops monitored was one per 25 years. This is considerably less than the average of 24 false alarms per year suggested by Department of Health statistics (based upon number of detectors in the system x average false alarm rate per detector) This might signify that the incidence of false alarms been reduced by the new system or may indicate that either longer monitoring periods were required or the whole system must be monitored rather than just six data loops.

The exchange of pairs of sensor heads has shown that the 'noisy' signals produced by devices encountered in the system were probably due to the sensors rather than the environment or mechanical fault. It has also been shown that some devices (and optical sensors in particular) have a tendency to drift over long periods of time. Without any maintenance these devices could begin to give false alarms or fault warnings. However, in practice with this system a component fault in a device would be expected to be revealed as a 'fault' warning and an upward drift towards the alarm level would be displayed as a 'pre-warning' - at a stage before a false alarm is created.

It has been shown that on this system sensors, sensor siting and incorrect sensor types likely to produce false alarms can be identified at an early stage in the system's life before any false alarms have been produced.

It has also been shown that the correct installation of sensor heads and sensor type can be quickly checked and that a graphic colour display of instantaneous sensor readings and variation in output can readily be produced.

---

## 7 References

- 1 Report on the Statistical Survey of False Alarms. Central Fire Brigades Advisory Councils, Home Office 1988.
- 2 Burry PE. False Alarms. BRE Information Sheet 1986.
- 3 Spearpoint MJ, Burry PE, Smithies JN. Analysis of Data from Poole Hospital Automatic Fire Detection System Oct 1987 - March 1989. BRE Client Report CR27/89.
- 4 Kennedy RH. The assessment of ambient conditions to which fire detectors are exposed. Proceedings of Symposium No 6 - Automatic Fire Detection. HMSO 1972.

## 8 Acknowledgements

This paper forms part of the work of the Fire Research Station, Building Research Establishment, Department of the Environment and has been produced with the co-operation of Autronica Industrial Ltd., The Department of Health, Home Office and Property Services Agency. It is contributed by permission of the Director, BRE, on behalf of the Controller HMSO.

(c) Crown Copyright 1989

NOTE In the figures on the following pages arbitrary units have been used for the vertical axes.

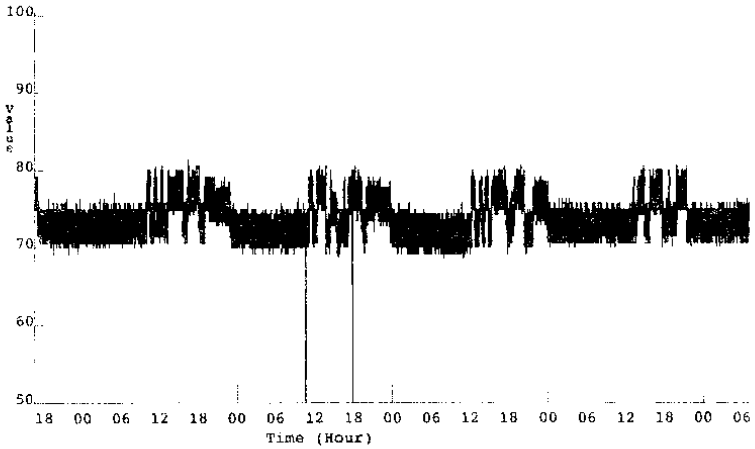


Fig 1 Sensor Output/Time Graph with a diurnal periodicity

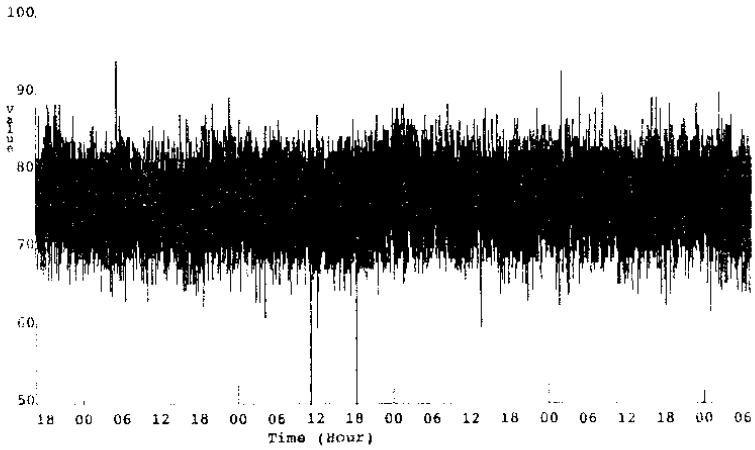


Fig 2 Sensor Output/Time showing a high level of fluctuation



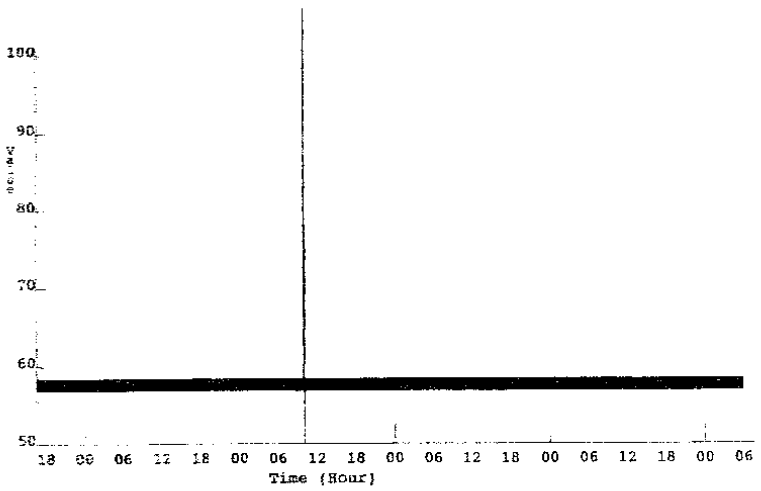


Fig 3 Sensor Output/Time Graph for a switched output

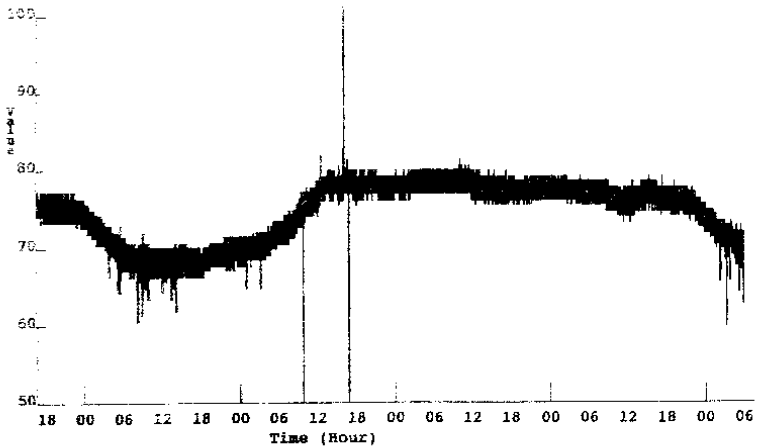


Fig 4 Sensor Output/Time Graph with pre-alarm warning event

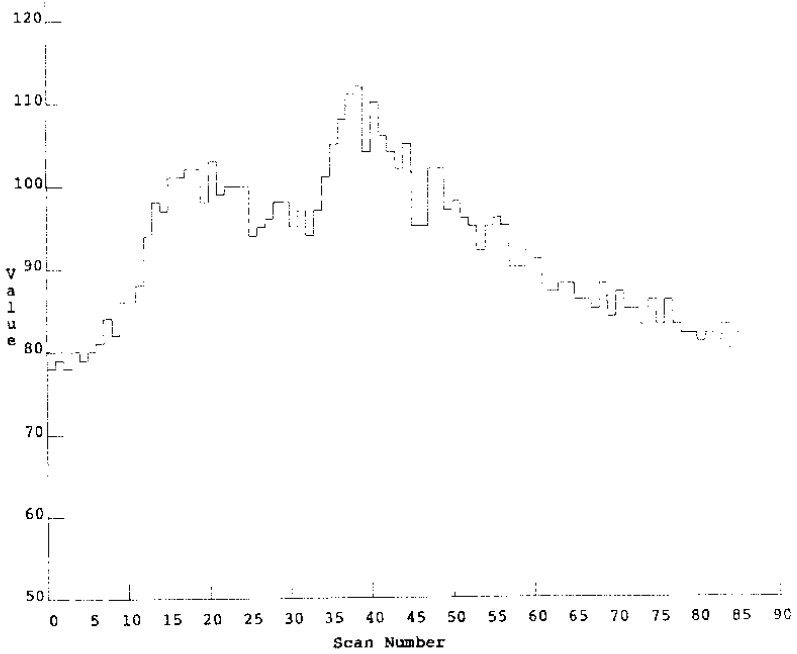
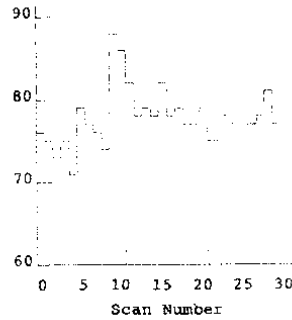
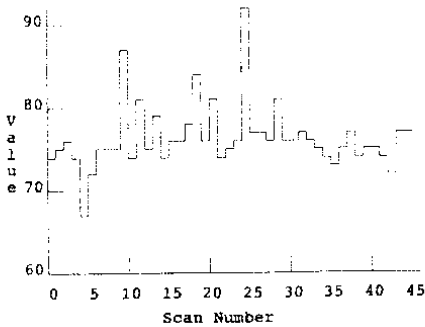


Fig 5 Individual Event Graph of pre-alarm warning event



Figs 6a and 6b Individual Event Graphs for a noisy sensor

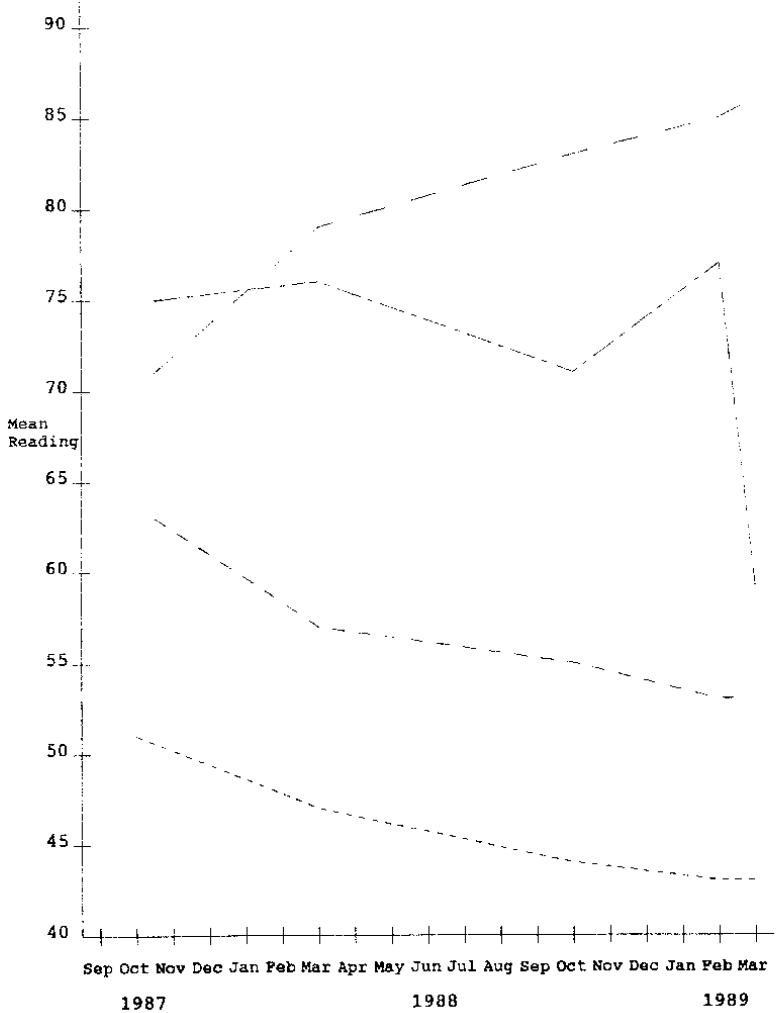


Fig 7 Long Term Drift Graph of optical sensors

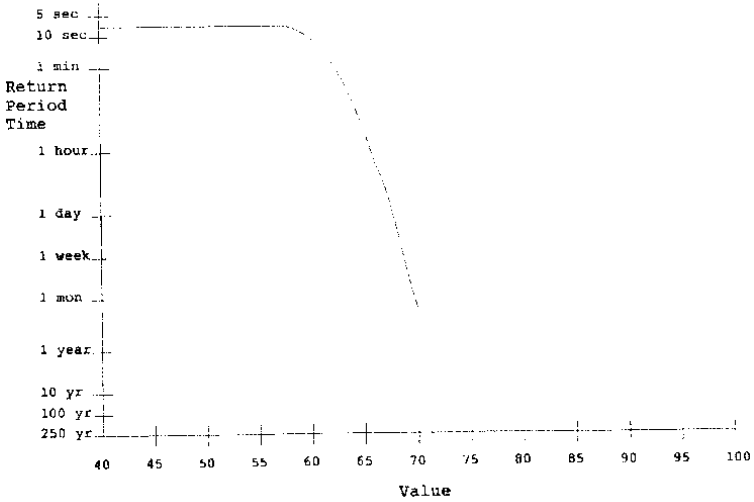


Fig 8 Example single value Return Period Graph

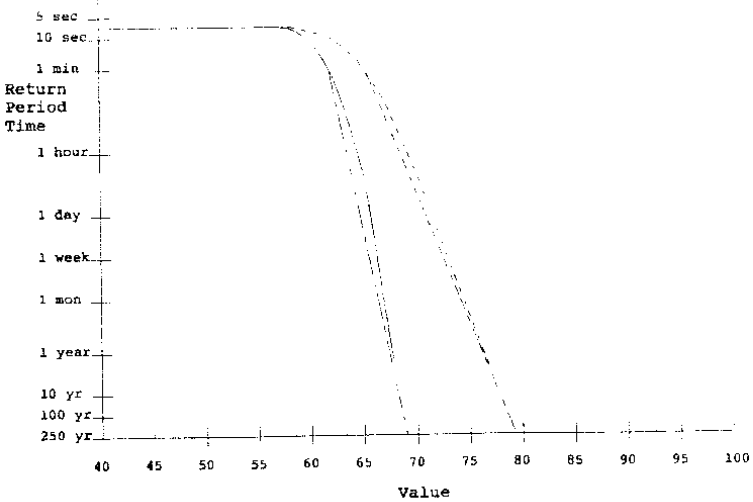
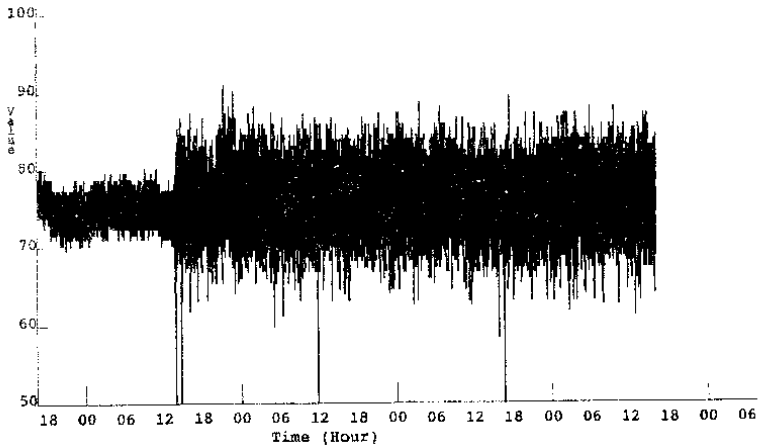
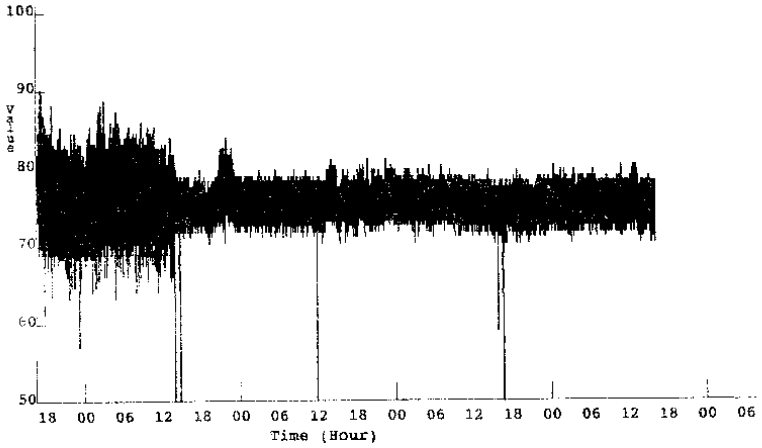


Fig 9 Return Period Graph for a noisy sensor



Figs 10a and 10b Sensor Output/Time Graphs showing the change in signal with exchange of sensor heads



P.Ryser, D.Wieser Cerberus AG, CH-8708 Männedorf

## Erfassung von Brandsensor-Signalen in ausgewählten Umgebungen

### Einleitung.

Brandsimulierende Ereignisse können vielfach trotz des Einsatzes moderner Systemtechnologie in Brandmeldeanlagen zu Täuschungsalarmen führen. Diese Situation erfordert einerseits eine Alarmorganisation, die auf Personaleinsatz nicht verzichten kann, andererseits besteht die Möglichkeit den Fehialarm auf der Ebene der Sensorik zu reduzieren, indem man mehrere Brandkriterien für eine Alarmauslösung heranzieht. Dank den Fortschritten der Mikroelektronik ist es in Zukunft möglich, Sensoren, die nach zwei und mehr unabhängigen Prinzipien arbeiten in ein Gehäuse zu integrieren. Bei diesen sogenannten Mehrkriterien-Meldern findet eine Alarmauslösung nur dann statt, wenn die zu detektierenden Brandkenngrößen gleichzeitig vorhanden sind. Temperaturverlauf, Aerosoldichte und Strahlung sind Brandsignale, welche mit dem heutigen Stand der Technik detektiert werden. Täuschungsgrößen für einen Branddetektor sind abhängig von der gewählten Detektionsart und seinem Standort.

Kenntnisse von umfangreichen Brand- und Felddaten der Brandkenngrößen sind unerlässlich, um die richtige Wahl der Detektionsart und der Verarbeitungsalgorithmen zu treffen. Wir präsentieren in dieser Arbeit ein Datenerfassungssystem, welches die Signale von Temperatur- und Aerosolsensoren in ausgewählten Umgebungen wie Garagen, Werkstätten, Küchen, Raucherbüros und echte Feuer im Brandlabor aufzeichnet. Dank der Integration von Mikroprozessor, Speicher und Modem am Einsatzort lassen sich die Daten via Telephonnetz an die Leitstelle übermitteln. Dieses Konzept ist besonders geeignet, um eine reduzierte Datenmenge zu erhalten, da nur die relevante Information einer Zustandsänderung der Umgebung oberhalb eines vorgegebenen Sollwertes gespeichert wird.

### Messanordnung

Das Datenerfassungssystem besteht aus zwei Hauptkomponenten :

- **Der Leitstelle**, einem Personalcomputer PC AT 286, der über eine serielle Schnittstelle an ein Telephonmodem angeschlossen ist und **den Messstationen**, welche am zu überwachenden Ort eingesetzt werden.

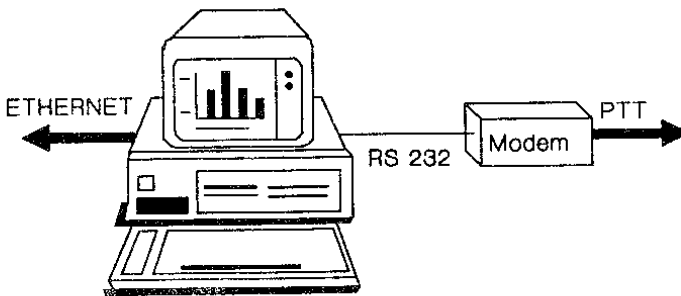


Fig.1. Leitstelle bestehend aus PC AT 286 mit Telephonmodem und ETHERNET-Anschluss zum Zentralrechner VAX 8600.

Figur 1 zeigt die Leitstelle mit dem Telephonmodem. Die Daten werden auf der Festplatte des PC's zwischengespeichert und für die weitere Verarbeitung über Ethernet zum Zentralrechner übertragen. Die PC Software wurde mit dem Paket ASYST realisiert. In ihrem Normalmodus wartet die Leitstelle auf einen Anruf einer Messstation. Erfolgt ein Anruf, so werden die Daten identifiziert und die Signale der Adresse der jeweiligen Station zugeordnet. Die Leitstelle kann jede Messstation anrufen, den aktuellen Speicher lesen und die Schwellwerte setzen.

Figur 2 zeigt die komplette Messstation mit 3 Sensoren. Die beiden Aerosolde-



tektoren, der Streulicht-Rauchmelder RM7 und der Ionisations-Rauchmelder FM9, detektieren die Brandkenngrossen  $m$

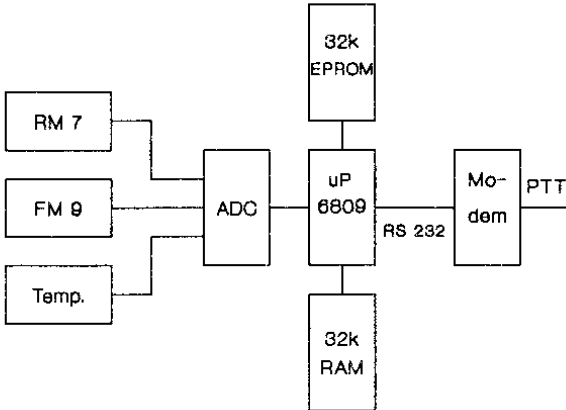


Fig.2. Messstation mit 3 Sensoren Analog/Digital-Wandler, Mikroprozessor, Speicher und Telefonmodem.

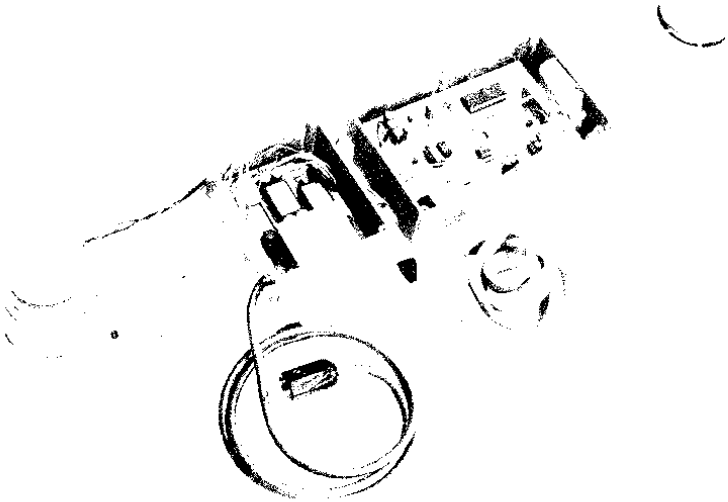


Fig.3. Messstation mit Kabelverbindung zum Telefonmodem. Die Objekte von links nach rechts sind: Streulichtsensor kombiniert mit Temperatursensor, Stromversorgung, Signalverarbeitung, Ionisations-Rauchmelder.

(die optische Extinktion in % pro Meter ) und  $y = i_0/i - i_0/i_0$  ( $i_0$  der Ruhestrom der Ionisations-Messkammer und  $i$  der Strom der mit Rauch gefüllten Kammer). Die Spannung wird einem 12 Bit Analog/Digital-Wandler zugeführt und mit einer Abtastzeit von 2 Sekunden in ein numerisches Signal umgewandelt. Das Signal des Temperatursensors wird mit einer Tastfrequenz von 20 Hz digitalisiert. Die Werte der 3 Analogsignale werden laufend in einen Ringspeicher gelesen. Nach 5 Minuten wird die Information wieder überschrieben. Tritt nun ein Ereignis ein, d. h. wenn der voreingestellte Schwellwert einer der Messsensoren überschritten wird, stoppt die Erfassung nach vier Minuten. So ist das System in der Lage, eine Minute vor und vier Minuten nach der Auslösung den zeitlichen Verlauf der drei Sensorsignale zu übermitteln.

### Resultate

Die Datenerfassungsanlagen wurden im Oktober 1988 installiert. Die präsentierten Resultate sind in einer Aufzeichnungsperiode von 3 Monaten entstanden. Beispiele von übermittelten Aerosol-Detektorsignalen als Funktion der Zeit zeigen die Figuren 4 und 5.

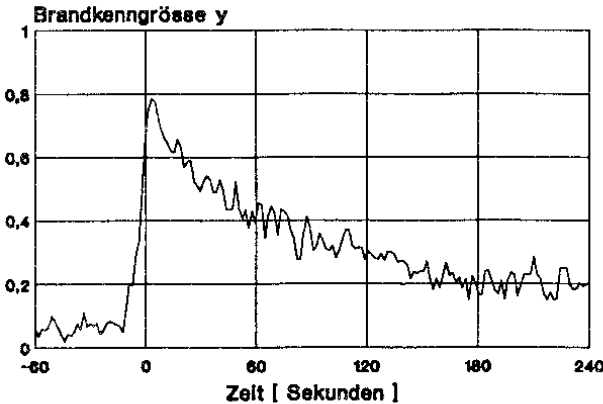


Fig. 4. Ionisations-Rauchmeldersignal als Funktion der Zeit. Das Signal wurde in einer grossen Fahrzeug-Einstellhalle aufgezeichnet.

Anhand der Signalverläufe kann ermittelt werden, wie sich das Ansprechverhalten der verschiedenen Sensorprinzipien auf nicht brandinduzierte Phänomene auswirkt. In Garagen sind unsichtbare Aerosole von Kraftfahrzeug-Abgasen vorhanden, die der Ionisations-Rauchmelder besonders empfindlich detektiert. Der Streulicht-Rauchmelder, spricht grundsätzlich auf sichtbaren Rauch gut an.

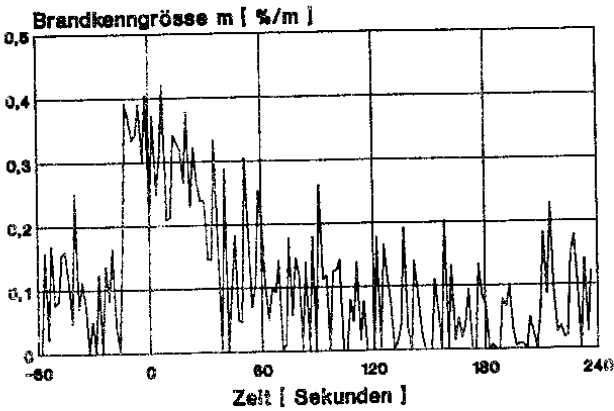


Fig. 5. Streulicht-Rauchmeldersignal als Funktion der Zeit. Das Signal wurde in einem Raucherbüro aufgezeichnet.

In unserer Arbeit bestätigen wir den aus der Praxis bekannten Zusammenhang zwischen menschlicher Aktivität und Tendenz zu Täuschungsalarmen. An zwei Beispielen soll dies erläutert werden. Figur 6 zeigt die tageszeitliche Verteilung von insgesamt 569 Ereignissen in 77 Tagen in einer Kantinenküche, ausgelöst durch das Ueberschreiten der Schwellwerte  $y=0.3$ ,  $m=0.5$  %/m und einer bestimmten Amplitude vom Temperatursensor. Es kann festgestellt werden, dass die Arbeiten um 07.00 Uhr beginnen, die Häufigkeit der ankommenden Signale um 10.00 Uhr auf ein Maximum steigen, was mit der Hauptkochzeit für das Mittagessen zusammenfällt und während der Essensausgabezeit um 12.00 Uhr auf die Hälfte sinken. Eine erneute Zunahme der Aktivität ist für die Abwasch- und Reinigungszeit zu beobachten. Ein zweites Beispiel ist in der Figur 7 illustriert. Diese Verteilung stammt aus 334 Ereignissen in 181 Tagen Beobachtung.

bachtungsdauer aus einer Fahrzeug-Einstellhalle eines Postverteilzentrums. Das Starten der kalten Fahrzeugmotoren morgens um 08.00 Uhr löste in dieser Umgebung die grösste Aktivität für die Sensoren aus. Ereignisse, die auch nachts aufgezeichnet wurden, kann man Belüftungen und klimatischen Ein-

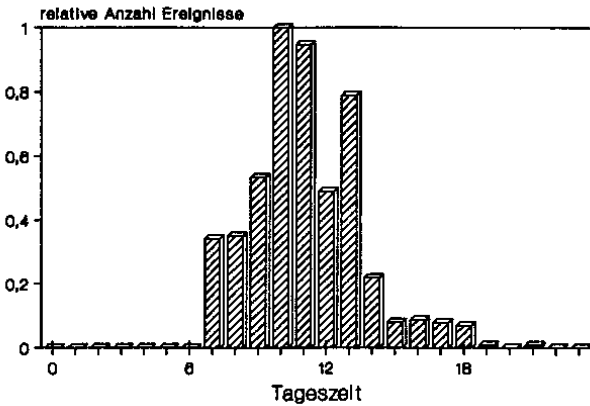


Fig. 6. Zeitliche Verteilung der übermittelten Ereignisse in einer Kantinenküche.

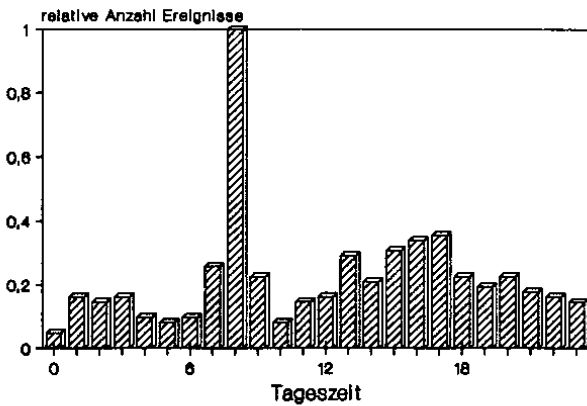


Fig. 7. Zeitliche Verteilung der übermittelten Ereignisse in einer Fahrzeug-Einstellhalle.

flüssen zuordnen. Die Einstellung der Schwelle von Grenzwertmeldern ist ein Kompromiss zwischen Ansprechempfindlichkeit auf Schadenfeuer und seiner Empfindlichkeit gegen Täuschungsgrößen. Figur 8 veranschaulicht diesen Zusammenhang für den Ionisations-Rauchmelder. Die Alarmrate, ermittelt aus der Anzahl Ereignisse für eine bestimmte Signalgröße, sinkt exponentiell für die

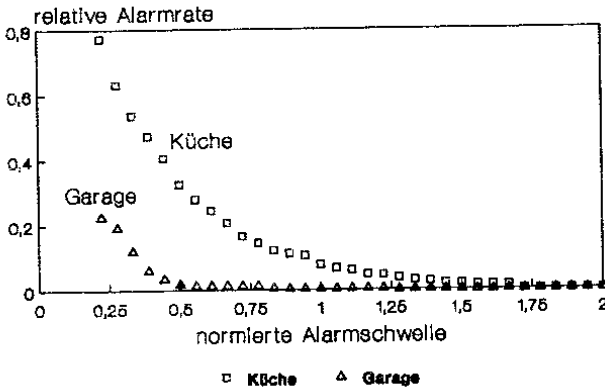


Fig.8. Relative Alarmrate des Ionisations-Rauchmelders als Funktion der normierten Alarmschwelle.

linear zunehmende Schwelle. Eine Verschiebung der nominalen Alarmschwelle um 20%, z. B. durch Alterung und Verstaubung, kann sich im ungünstigen Falle in einer Verdoppelung der Falschalarm-Tendenz auswirken.

### Schlussbemerkung

Der Einsatz des vorgestellten Felddatenerfassungs-Systems dient einerseits zur Erhebung von Informationen über die existierenden Detektionsprinzipien, andererseits zur Prüfung und Optimierung neuer Sensoren im Feld und zum Vergleich mit bekannten Standard-Detektoren. Dank der Flexibilität des Systems ist eine Ferndiagnose in kritischen Umgebungen möglich, womit auch die Applikation der verschiedenen Detektionsprinzipien überprüft und optimiert werden kann.



J.M. Vesin

Laboratoire de Traitement des Signaux

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland

## Modeling of Fire Detector Signals

### **1. Introduction**

Modeling of fire detector signals is quite useful in the context of detection or simulation. We centered our attention on linear time-varying autoregressive (AR) methods taking account of the non-stationary nature of these signals. The methods we compare in this paper may be divided in three classes : block methods based on LPC decomposition which have already been successfully applied in speech processing, adaptive methods based on an on-line updating of the parameters and a method based on the decomposition of the parameters trajectory onto a deterministic basis. What follows is a brief overview of all these methods and the result of tests carried on real datas.

### **2. Block processing methods**

The hypothesis done is that the signal may be considered as stationary on a small interval of time (for instance in the case of speech 10 to 30 ms). Thus in one of these intervals the process of interest  $\{x(i)\}$  can be described by an AR model of order  $p$  with fixed coefficients,  $\{e(i)\}$  being the prediction error :

$$x(n) = - \sum_{i=1}^p a_i x(n-i) + e(n)$$

Linear prediction [1] consists in minimizing the total squared error defined by :

$$E = \sum_{i=n_0}^{n_1} e^2(i)$$

where  $n_0$  and  $n_1$  define the index limits over which error minimization occurs. This results in the resolution of a set of  $p$  simultaneous equations :

$$\sum_{i=1}^p a_i C(i,j) = -C(0,j) \quad \text{for } j=1,2,\dots,p$$

The known correlation functions  $C(i,j)$  derived from the data can be computed in several ways, among which two are of particular interest . Assuming that the time interval contains  $N$  samples from  $x(0)$  to  $x(N-1)$  the covariance method is defined by setting  $n_0=p$  and  $n_1=N-1$  so that all samples in the interval are used to compute the  $C(i,j)$  :

$$C(i,j) = \sum_{n=p}^{N-1} x(n-i)x(n-j) \quad (\text{Eq.1})$$

whereas the autocorrelation method is defined by setting  $n_0=-\infty$  and  $n_1=+\infty$  and assuming  $x(n)=0$  outside the interval so that :

$$C(i,j) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x(n-i) x(n-j) = \sum_{n=0}^{N-1-|i-j|} x(n) x(n+|i-j|) \quad (\text{Eq.2})$$

The autocorrelation method ensures the stability of the AR model computed and allows the use of the well known Levinson-Durbin algorithm (see [2] for instance), but it implies rectangular windowing of the data and thus distortion. Further windowing can reduce this distortion but is in contradiction with time-varying parameter study since it brings additional time variation upon the data samples. This contradiction is reported in [3].

In both methods the whole set of data is divided into equal intervals whose length satisfy approximate stationarity assumption, and with a possible overlap between them. Computation is then carried on all the intervals and a time varying description of the signal is obtained.



### 3. Adaptive methods

#### 3.1 Least Mean Squares (LMS) Algorithm

This is probably the most widely known adaptive algorithm. It was first introduced by Widrow and Hoff [4] , and [5] provides an excellent summary of its applications. We will only recall it briefly here in the context of AR modeling.

Let us define the data vector :

$$\mathbf{x}^T(n-1) = [x(n-1), x(n-2), \dots, x(n-p)]$$

and the predictor coefficients vector :

$$\mathbf{a}^T(n) = [-a_1(n), -a_2(n), \dots, -a_p(n)]$$

defined at time n. Its value at time (n+1) will be given by :

$$\mathbf{a}(n+1) = \mathbf{a}(n) + \mu x(n-1) [ x(n+1) - \mathbf{x}^T(n-1) \mathbf{a}(n) ] \quad (\text{Eq.3})$$

where  $\mu$  is the adaptation coefficient. In a stationary environment its value is bounded by :

$$\mu < \frac{2}{p \times \text{Power of } x} \quad (\text{Eq.4})$$

In a nonstationary environment one must either estimate the power of  $\{x(n)\}$  on a time interval, compute the bound above and apply a scaling factor to establish a trade-off between tracking ability and predictor vector noise (see [6] chap.5), or update the estimate of power on-line for instance with :

$$\text{Power}(n) = (1 - \tau) \text{Power}(n-1) + \tau x^2(n) \quad \text{with } 0 < \tau < 1 \quad \tau \ll 1$$

$$(\text{Eq.5})$$

In both options no clear guarantee for stability can be given.

### 3.2 Recursive Least Squares (RLS) algorithm

This algorithm (see [6] chap.8 for a complete derivation) minimizes a quadratic performance index utilizing all the information contained in the input data, extending back to the instant of time when it is initiated. This performance index is generally defined with a forgetting factor putting more weight on the most recent data, and thus allowing the algorithm to track changes in the parameters. This forgetting factor is conveniently expressed in an exponential form and the performance index can be written in the context of prediction as :

$$E(n) = \sum_{i=1}^n \lambda^{n-i} [e(i)]^2 \quad \text{with } 0 < \lambda \leq 1, \lambda \gg 0 \quad (\text{Eq.6})$$

where  $e(i)$  is the prediction error at time  $i$ . Let us define :

- the predictor vector  $\mathbf{a}^T(n) = [-a_1(n), -a_2(n), \dots, -a_p(n)]$
- the data vector  $\mathbf{x}^T(n-1) = [x(n-1), x(n-2), \dots, x(n-p)]$

-the correlation matrix  $\Phi(n) = \sum_{i=1}^n \lambda^{n-i} \mathbf{x}(i) \mathbf{x}^T(i)$

and its inverse  $\mathbf{P} = \Phi^{-1}$

Update of the predictor vector is done through :

$$\mathbf{k}(n) = \frac{\lambda^{-1} \mathbf{P}(n-1) \mathbf{x}(n-1)}{1 + \lambda^{-1} \mathbf{x}^T(n-1) \mathbf{P}(n-1) \mathbf{x}(n-1)}$$

$$\alpha(n) = x(n) - \mathbf{a}^T(n-1) \mathbf{x}(n-1)$$

$$\mathbf{a}(n) = \mathbf{a}(n-1) + \alpha(n) \mathbf{k}(n)$$

$$\mathbf{P}(n) = \lambda^{-1} \mathbf{P}(n-1) - \lambda^{-1} \mathbf{k}(n) \mathbf{x}^T(n-1) \mathbf{P}(n-1)$$

with initial conditions  $\mathbf{P}(0) = \delta \mathbf{I}$  ( $\delta$  large positive constant,  $\mathbf{I}$  identity matrix) and  $\mathbf{a}(0) = \mathbf{0}$ . The vector  $\mathbf{k}(n)$  is a gain vector very similar to the Kalman gain, and  $\alpha(n)$  is the *a priori* prediction error.

#### 4. Time-Varying parametric method

Since the pioneering work of Rao [7] and Liporace [8] attention has been brought to time-varying models to describe nonstationary signals (see [9] for a complete review of the domain). We shall use here the formulation of [3].

The basic idea is to assume that the coefficients of these models are finite linear combinations of known time functions i.e. that the signal  $\{x(n)\}$  can be described by :

$$x(n) = - \sum_{i=1}^p a_i(n) x(n-i) + e(n) \quad \text{with} \quad a_i(n) = \sum_{k=0}^q a_{ik} u_k(n) \quad (\text{Eq.7})$$

The constant coefficients  $a_{ik}$  are now the ones to be estimated. This use of deterministic time functions clearly introduces restrictions on the variation of the parameters. However a judicious choice of these functions can provide a good approximation of this variation on a finite interval of time with only a few coefficients.

As in LPC we minimize the total squared error :

$$E = \sum_{i=n_0}^{n_1} e^2(i)$$

Minimization of this error with respect to each coefficient  $a_{ik}$  results in a set of  $p(q+1)$  equations :

$$\sum_{i=1}^p \sum_{k=0}^q a_{ik} C_k(i,j) = - C_{0i}(0,j)$$

$$1 \leq j \leq p, 0 \leq i \leq q$$

with the generalized correlation functions given by :

$$C_{kl}(i,j) = \sum_{n=n_0}^{n_1} u_k(n) u_l(n) x(n-i) x(n-j) \quad (\text{Eq.8})$$

Here again several options depending on a particular choice for  $n_0$  and  $n_1$  exist. However tests conducted in [3] on speech signals clearly concluded in favor of the covariance method, and we shall in the sequel set  $n_0=p$  and  $n_1=N-1$  assuming that the time interval contains  $N$  samples from  $x(0)$  to  $x(N-1)$ . Without any loss of generality, one can set  $u_0(n)=1$ , and it is obvious then that in the case  $q=0$ , the set of equations corresponds to the classical LPC one.

The set of equations can be expressed in matrix form by defining the vectors :

$$a_i^T = [a_{1i}, a_{2i}, \dots, a_{pi}] \quad 0 \leq i \leq q$$

$$\text{and } \Psi_i^T = [C_{0i}(0,1), C_{0i}(0,2), \dots, C_{0i}(0,p)] \quad 0 \leq i \leq q$$

and the matrix :

$$\Phi_{kl} = \begin{bmatrix} C_{kl}(1,1) & C_{kl}(1,2) & \dots & C_{kl}(1,p) \\ C_{kl}(2,1) & C_{kl}(2,2) & \dots & C_{kl}(2,p) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ C_{kl}(p,1) & C_{kl}(p,2) & \dots & C_{kl}(p,p) \end{bmatrix}$$

$$0 \leq k \leq q, \quad 0 \leq l \leq q$$

Finally one obtains :

$$\begin{bmatrix} \Phi_{00} & \Phi_{01} & \dots & \Phi_{0q} \\ \Phi_{10} & \Phi_{11} & \dots & \Phi_{1q} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \Phi_{q0} & \Phi_{q1} & \dots & \Phi_{qq} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_q \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \Psi_0 \\ \Psi_1 \\ \vdots \\ \Psi_q \end{bmatrix} \quad (\text{Eq.9})$$

or  $\Phi A = -\Psi$

From Eq.8 it is clear that  $\Phi_{kl} = \Phi_{lk}$  so that  $\Phi$  is a  $(q+1) \times (q+1)$  block symmetric matrix with  $p \times p$  symmetric blocks. This feature obviously reduces the amount of computation needed to determine it.

### 5. Experimental results on real data

Three sets of data of length  $N=2048$  were obtained by sampling the output of a fast temperature sensor at 20 Hz. They correspond to different fire conditions, but what mainly guided our choice was the fact that they represented various conditions of nonstationarity (see figure 1). Signal a) corresponds to a "nearly stationary" case, signal b) to a "burst" case, and signal c) to a "transient" case.

Order of the models was determined by examination of the least squares error with increasing order for the different methods. For the three signals an order of  $p=3$  was found adequate to describe them. Here are the values of the parameters to be fixed for the algorithms :

- In the block methods, by successive trials and examination of the least squares error, a length of 256 samples was chosen for the sliding window, together with an overlap of 50%. For purposes of graphical representation and computation, the middle point was selected as the representative point of each window.

- In what concerns the LMS algorithm, preliminary trials showed the superiority of the signal power update method (Eq.5). We thus used this one here, with a coefficient  $\tau=0.05$  and a security factor on the limit

value of  $\mu$  (Eq.4) of 4. These values were shown by preliminary tests to preserve stability of the algorithm for the three signals while allowing the best possible tracking ability.

- In the same way we set  $\lambda=0.9975$  (Eq.6) for the RLS algorithm to ensure stability.

- For the time-varying parameter method the first step was the selection of functions basis (Eq.7) from the point of view of their "shape" and of the degree of singularity of the resultant matrix  $\Phi$  (Eq.9). Rao [7] proposed the powers of time  $u_k(n) = n^k / k!$  but we found them to give poor results. Chebyshev, Legendre and Hermite polynomials were tested and showed similar performance. Thus as in [8] Legendre polynomials were selected. Finally we chose too trigonometric Fourier functions as in [3] with :

$$\begin{aligned} u_k(n) &= \cos(k\omega n) & k \text{ even} \\ u_k(n) &= \sin(k\omega n) & k \text{ odd} \end{aligned}$$

and  $\omega = \pi / N$ ,  $N$  being the total number of samples, and Walsh functions. The second step was the selection of the number  $q+1$  of functions. Tests resulted in a choice of  $q=5$  for the sine functions, and  $q=7$  for Legendre polynomials and Walsh functions. Above that, spurious effects appeared due to bad conditioning of the matrix  $\Phi$  (of course in relation with our computer possibilities).

Figure 2 to 5 show various results obtained with LMS, RLS and the time-varying modeling algorithm for the three sets of functions selected. The points representative of LPC with covariance method have been placed everywhere for purposes of reference and comparison with:

- + : 1<sup>st</sup> coefficient
- x : 2<sup>nd</sup> coefficient
- \* : 3<sup>rd</sup> coefficient

One can see that RLS provides a less noisy parameter trajectory than LMS, together with a better tracking ability, which is a classical result. But it didn't "see" the change in the parameters around 1200 (Figure 2b) as opposed to LPC or the time-varying method with Walsh functions (Figure 4), though this change is perceptible to the naked eye (Figure 1b). The use of sine functions (Figure 3) results in undesirable side effects and

so does the use of Legendre polynomials (Figure 5), though to a smaller extent. One can see too that LPC and the time-varying method have a clear noncausal nature. For LPC this comes from the choice of the representative points for the windows and for the time-varying method this comes from the fact that computation is done globally on the whole set of data.

The table below displays the relative norms of the errors i.e.

$$\frac{\|e\|}{\|x\|} \text{ with } \| \cdot \| ^2 = \sum_{i=i_0}^{i_1} |(i)|^2$$

where  $i_0$  and  $i_1$  are indices defined so as to provide a fair comparison of the algorithms (elimination of the transient part in the case of the adaptive algorithms and of the first and last half-windows for LPC). For LPC the time-varying parameters were obtained by linear interpolation on the representative points.

	LPC autocorr	LPC covar	LMS	RLS
Signal a	0.2190	0.2130	0.2083	0.2119
Signal b	0.1456	0.0916	0.1616	0.0889
Signal c	0.2460	0.2447	0.2067	0.2433
	Fourier	Legendre	Walsh	
Signal a	0.2190	0.2149	0.2149	
Signal b	0.1113	0.1000	0.0927	
Signal c	0.3007	0.2451	0.2449	

Surprisingly enough, LMS gives good results, though not constantly. Covariance LPC produces better results than autocorrelation LPC and the best overall results come with RLS and the time-varying parameter method with Walsh functions.

## 6. Conclusion

The time-varying parameter method produces good results on experimental data as well as a smoother description of the parameters

trajectory when compared to more classical ones and provides an obvious compression on the model size, but the decomposition basis must be carefully chosen. The set of Walsh functions seem the most appropriate in spite of the "staircase look" of these functions, probably because they yield numerically well behaved covariance matrices.

## 7. References

- [1] J.D. Markel, A.H. Gray, *Linear Prediction of Speech*, Springer-Verlag 1976.
- [2] S.M. Kay, S.L. Marple, "Spectrum Analysis - A modern perspective", Proc. IEEE, vol.69, pp. 1380-1419.
- [3] M.G. Hall, A.V. Oppenheim, A.S. Willsky, "Time-Varying Parametric Modeling of Speech", Signal Processing, 5, no 3, 1983, p.267-285.
- [4] B. Widrow, M.E. Hoff, "Adaptive switching circuits", IRE WESCON Conv. Rec, Part 4, 1960.
- [5] B. Widrow, S.D. Stearns, *Adaptive Signal Processing*, Prentice-Hall 1985.
- [6] S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*, Prentice-Hall 1986.
- [7] T.S. Rao, "The Fitting of Non-Stationary Time Series Models with Time-dependent Parameters", J. of the Royal Statist. Soc., Series B, 32, no 2, 1970, p.312-322.
- [8] L.A. Liporace, "Linear Estimation of Non-stationary Signals", J. Acoust. Soc. Amer., 58, no 6, 1975, p. 1288-1295.
- [9] Y. Grenier, "Modèles ARMA à coefficients dépendants du temps : estimateurs et applications", Traitement du Signal, V.3, no 4-5, 1986.



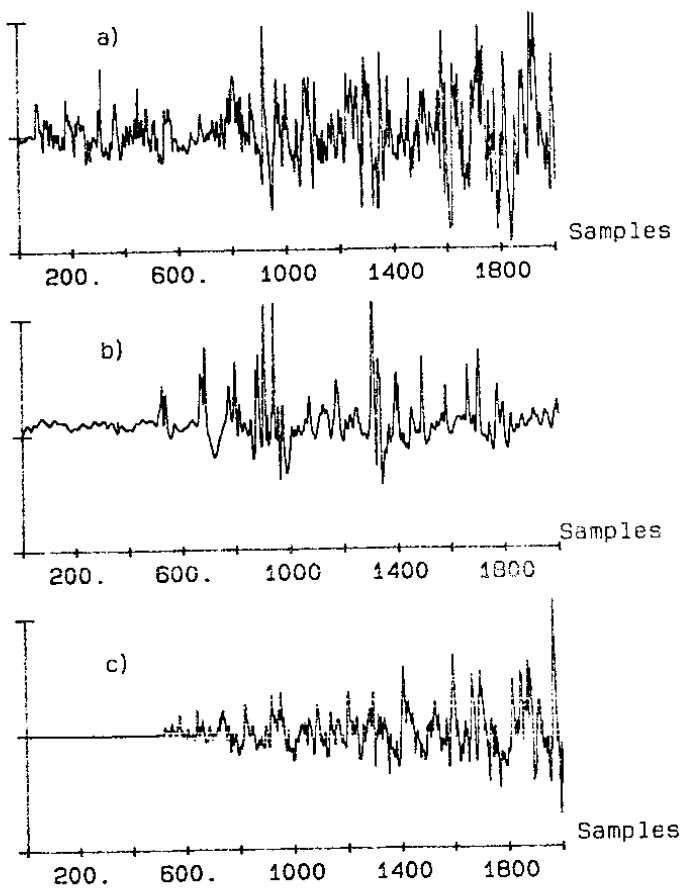


Figure 1 Test Signals

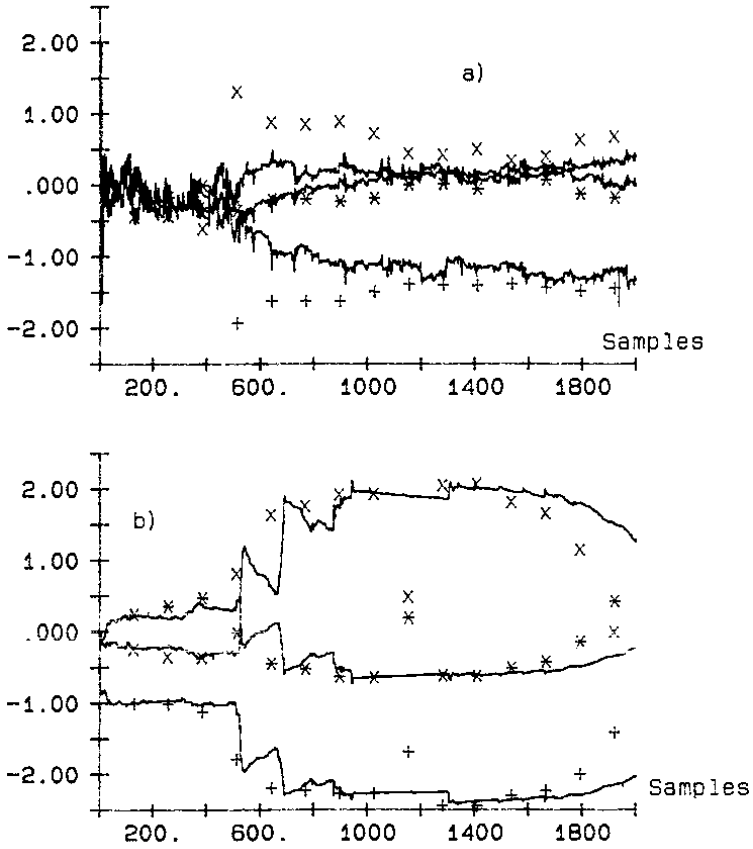


Figure 2 a) LMS b) RLS

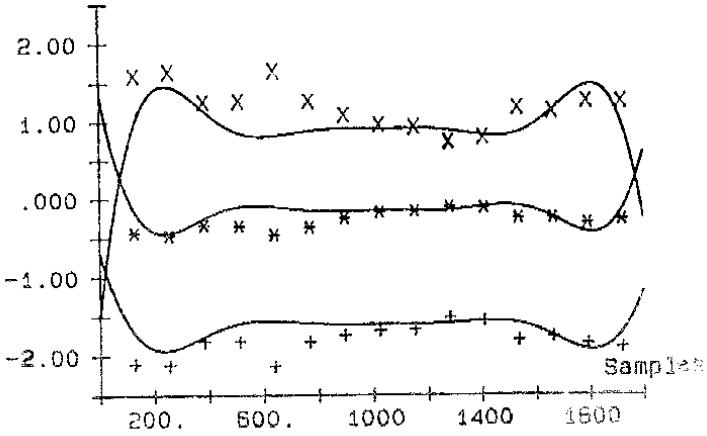


Figure 3 Sine functions  $f_1, f_2, f_3$

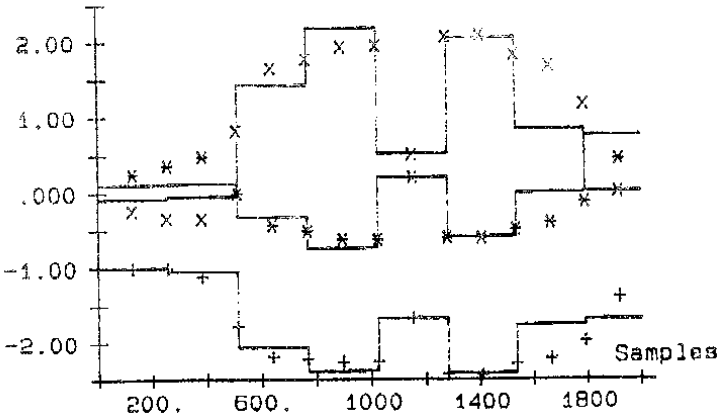


Figure 4 Walsh  $q = 7$

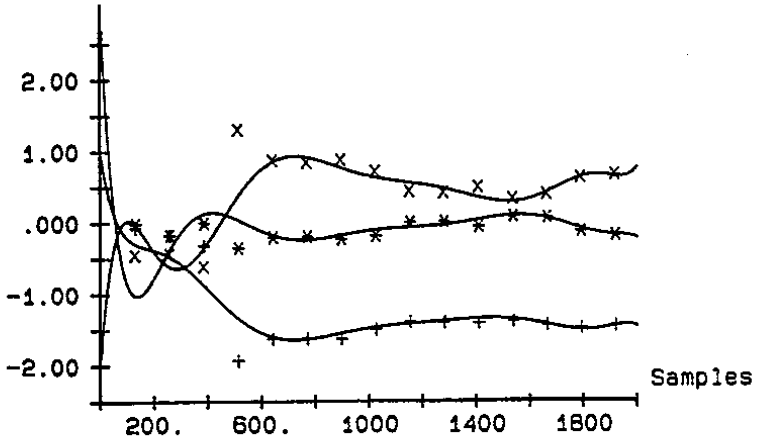


Figure 5 Legendre  $q = 7$

W. Tinkl

Siemens AG, München, Bundesrepublik Deutschland

Brandkenngrößen analog gemessen und analog übertragen.

### 1. Einleitung

Der Erfolg einer Brandmeldeanlage ist nach einem Diskussionsvorschlag der Europäischen Sachversicherer dann nachgewiesen, wenn der Brand auf den Raum seines Ausbruchs begrenzt bleibt /CEA/. Bei großflächigen Gebäuden darf höchstens eine Fläche von 200 m<sup>2</sup> von einem Vollbrand erfaßt werden. Eine Brandmeldeanlage soll nach diesem Diskussionsvorschlag

so frühzeitig wie notwendig  
und nicht so frühzeitig wie möglich  
ansprechen.

Die Betreiber von Brandmeldeanlagen und die Auflagenbehörden stellen häufig höhere Anforderungen. Sie soll eventuelle Sachschäden auf ein Minimum begrenzen und vor allen Dingen Menschen vor den Brandgefahren schützen.

Es liegt ein weiter Bereich zwischen den gegensätzlichen Forderungen so frühzeitig wie möglich und so rechtzeitig wie notwendig zu alarmieren. Um Falschalarme zu vermeiden und trotzdem frühzeitig zu reagieren ist es notwendig, von der Projektierung bis zur Alarmauswertung möglichst viele Kenntnisse über die Anlage zu erhalten.

In von der Norm abweichenden Einsatzfällen ist es von Vorteil, wenn die Entscheidung, ab wann eine Alarmierung erfolgen muß, nicht einzeln in jedem Melder eingestellt wird, sondern dies von der Brandmelderzentrale aus vorgenommen wird. Um die 'Intelligenz' der Zentrale ausnützen zu können ist es notwendig, ihr so viel Informationen wie möglich von den Elementen zur Verfügung zu stellen. Beim heutigen Stand der Mikrorechner-technik stellt dies keine zu großen Anforderungen an die Zentraleinheiten.

Den größten Informationsgehalt besitzen analoge Signale. Jede Quantisierung sowohl in zeit- wie in wertdiskreter Form ergibt einen Verlust an Daten. Der größte Informationsverlust entsteht, wenn ein Schwellwertschalter die Digitalisierung nur auf ein Bit begrenzt, es entsteht die rein duale Aussage:

	Schwelle überschritten
oder	Schwelle unterschritten.

Zudem wird nicht unterschieden, in welcher Art und Weise der im Melder eingesetzte Grenzwert überquert wurde. Wurde die Schwelle nur langsam und mit geringer Amplitude überschritten oder ergab sich eine rasche und massive Überschreitung des Grenzwertes. Die in der Grenzwertmeldetechnik eingeführte Maßnahmen zur Verringerung der Falschalarmrate führen unabhängig von dem alarmlösenden Ereignis zu konstanten Verzögerungszeiten, unabhängig von der Brandmenge, die das Element detektiert hat.

Um Brandkenngrößen bezüglich ihrer normalen Umgebungsbeeinflussung und ihres Verhaltens im Schadensfall genauer untersuchen zu können, ist es notwendig, ihre Meßwerte mit kleiner Quantisierung über längere Zeit bei verschiedensten Umgebungsbeeinflussungen aufzuzeichnen.

Mit zunehmendem Einsatz von empfindlichen Frühwarnmeldern ist es notwendig, mehr Aufwand in die Auswertung der Melderinformationen zu legen. Es ist auch von Vorteil in der Brandmelderzentrale über den genauen Ort der Alarmauslösung informiert zu werden, d.h. über ein adressierbares System zu verfügen. Um möglichst kostengünstig zu arbeiten und so wenig wie möglich Informationen zu verlieren ist es vorteilhaft, einen analogen Meßwert zu erzeugen und zu übertragen. Damit bleibt auch das System offen für zusätzliche später einzusetzende Auswertelgorithmen wie zum Beispiel analoge Mehrmelderverknüpfungen.

Da sich Brandereignisse meist im Minutenzeitbereich abspielen ist es ausreichend, die analogen Meßwerte im Sekundenrhythmus zu übertragen. Als leicht zu übertragender, analoger, störsicherer Informationsparameter bietet sich dabei die Zeit als pulsphasenmodulierte Meßgröße an.

Durch die analoge Übertragung des analogen Meldermeswertes gelingt es, die 'Intelligenz' der Zentrale bis an den Ort der Meßwerterfassung wirken zu lassen.

## 2. Das Pulsmeldesystem

Die Pulsmeldetechne stellt dazu ein geeignetes Meß- und Übertragungs- Verfahren zur Verfügung /Tom/. Die Übertragung erfolgt über eine einfache Zweidrahtleitung. Ein Element schaltet nach der Abgabe des Meßwertes zum nachfolgenden Element weiter, dies wird auch Kettensynchronisation genannt oder auch mit Daisy- Chain bezeichnet. Die Adressierung der Elemente ist durch die Anordnung der Melder an der Meldeprimärleitung festgelegt (siehe Bild 1). Die Identifizierung der Melder ist durch die zeitliche Abfolge der Meßwerte gegeben.

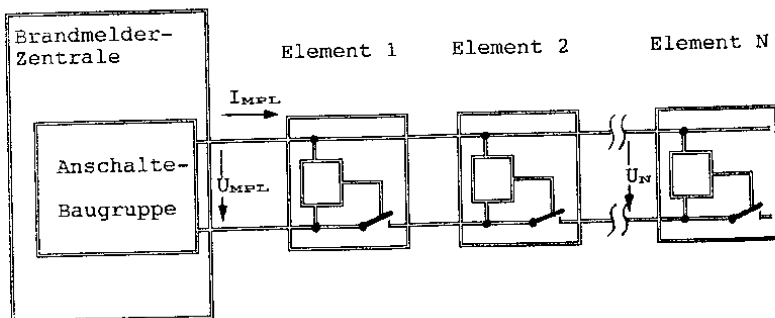


Bild 1)  
Anordnung der Pulsmelder auf einer Meldeprimärleitung  
mit N- Elementen

## 2.1 Prinzip der Pulsmeldetechnik

Die Anschaltebaugruppe legt bei der Pulsmeldetechnik eine Spannung wie in Bild 2 dargestellt an die Meldeprimärleitung. Hierbei werden folgende Spannungspegel unterschieden:

- Startspannung	$U_{\text{start}}$	I	Startphase
- Abfragespannung	$U_A$	II	Abfrage
- Steuerspannung	$U_{\text{steuer}}$	III	Steuerimpuls
- Ruhespannung	$U_R$	IV	Ruhephase.

Während der Startphase erfolgt die Synchronisation aller angeschlossenen Melder. Die Schalter aller Elemente (FET-Transistoren) sind im gesperrten Zustand.

Legt die Anschaltebaugruppe die Abfragespannung an die Meldeprimärleitung, beginnt im ersten angeschlossenen Melder der Meßzyklus. Die nachfolgenden Melder bleiben in der Startphase. Der erste Melder bildet sein Meßsignal und formt dieses in seine Meßzeit  $t_1$  um. Nach dieser Meßzeit gibt er einen Stromimpuls von definierter Länge und Amplitude an die Zentrale ab (dies wird in der Nachrichtentechnik mit Pulsphasenmodulation bezeichnet). Gleichzeitig schaltet er zum nächsten Element weiter. Für das nachfolgende Element beginnt mit dem Durchschalten der Abfragespannung der Meßzyklus. Der Meßzyklus pflanzt sich somit entlang der Leitung bis zum letzten Melder N fort.

Haben alle Melder ihre Meßzeit zur Zentrale abgegeben, schaltet die Zentralenbaugruppe auf die Ruhespannung um. Alle Speicherkondensatoren der angeschlossenen Pulsmelder werden wieder mit Energie versorgt. Während der Start- und Abfragephase erfolgt die Versorgung der Elemente nur aus dem Speicherkondensator.

Legt die Anschaltebaugruppe während des Meßzyklusses eines Elementes einen Steuerimpuls an die Meldeprimärleitung wird diese Information nur im angesteuerten Element abgespeichert



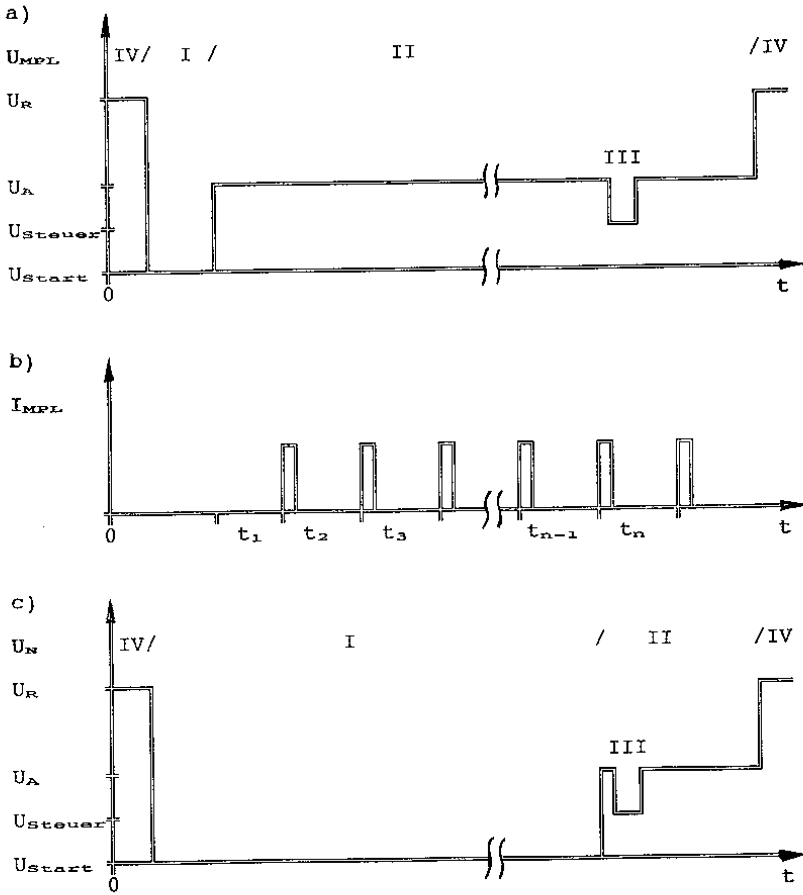


Bild 2)  
Zeitdiagramm eines Abfragezyklus der Pulsmeldetchnik

- a) Spannungsverlauf von der Anschaltebaugruppe ausgegeben
- b) Stromverlauf an der Anschaltebaugruppe gemessen
- c) Spannungsverlauf am angesteuerten Element N

und die notwendige Reaktion eingeleitet. Die am letzten, angesteuerten Element N anliegende Spannung zeigt Bild 2c.

## 2.2 Auswertung der Meldermeßwerte

Aus der Zeit zwischen zwei Stromimpulsen wird in der Zentralenbaugruppe für jeden Melder der zugehörige Meßwert gebildet. Die Messung des Stromimpulses erfolgt dabei galvanisch getrennt von der Zentrale und symmetrisch in beiden Adern, sodaß Gleichtakteinkopplungen auf die Meldeprimärleitung die Messung nicht beeinflussen. Über eine entsprechende Quantisierungsstufe, die als einfacher Zähler realisiert ist, erfolgt die Digitalisierung der Meßzeit. Es wird ein Zahlenwert zwischen 0 und 255 gebildet. Die Auflösung auf einen 8-Bit Zahlenwert ist für normale Brandmeldeanlagen vollkommen ausreichend, läßt sich aber, wie im nachfolgenden Beitrag gezeigt, für detaillierte Untersuchungen leicht durch eine Erhöhung der Taktrate des Zählers vergrößern.

In der Zentrale wird für jeden Melder ein eigener Vergleichswert gebildet: der Ruhewert (RW) des Melders. Der Ruhewert ist die Bezugsgröße für jede Melderauswertung, er wird den langfristigen Änderungen des Meldermeßwertes nachgeführt. Die Verschmutzung des Melders führt z.B. zu einer Änderung des Ruhewertes, nicht aber kurzfristige Beeinflussungen des Meldermeßwertes durch z.B. Brandkenngrößen. Der Ruhewert wird nur bei längeranliegenden Meldermeßwertveränderungen (Zeitdauer >30 min) in kleinen kontinuierlichen Schritten nachgeführt.

Bild 3 zeigt den Ruhewertverlauf einiger optischer Rauchmelder über einen längeren Meßzeitraum in der stark verstaubten Atmosphäre einer Schreinerei.

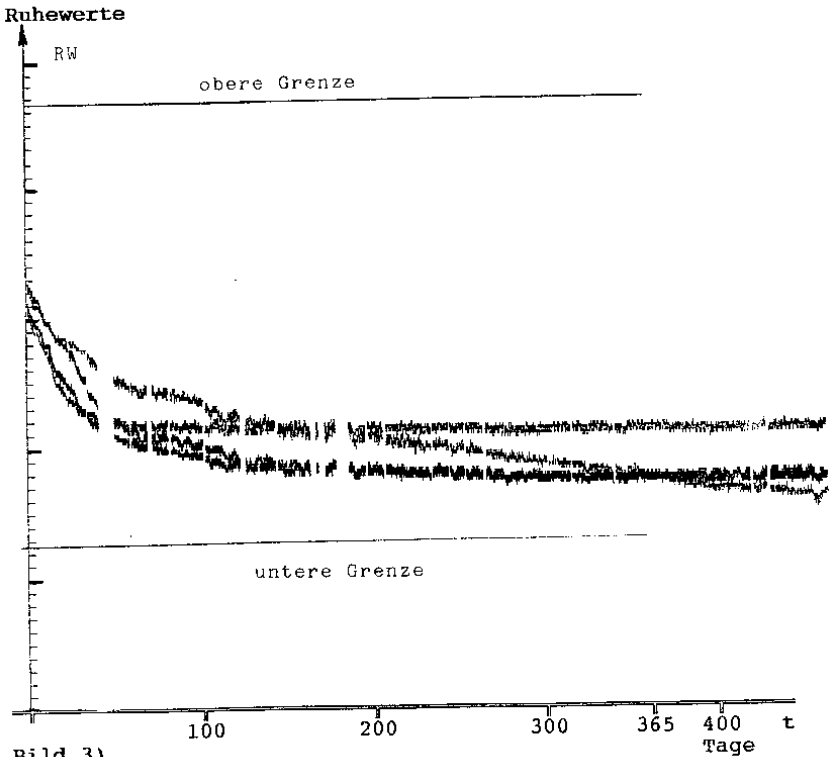


Bild 3)  
Ruhewertverläufe optischer Rauchmelder in stark verstaubter Umgebung (Schreinerei)

Durch die Ruhewertnachführung hat kein Melder während des Versuchszeitraumes Alarme ausgelöst. Die Melderempfindlichkeit ist ebenfalls während des Versuchszeitraumes, wie Kontrollmessungen am Rauchkanal gezeigt haben, annähernd konstant geblieben. Ein Melder mit annähernd gleicher Empfindlichkeit ohne Ruhewertnachführung hätte bereits nach 50 Tagen einen Täuschungsalarm ausgelöst.

In Bild 3 sind die obere und die untere Grenze des Arbeitsbereiches für Pulsmelder eingezeichnet. Erst mit dem Erreichen dieser Grenzwerte ist bei automatischen Pulsmeldern eine Wartung notwendig.

Bei Grenzwertmeldern führt eine Verschmutzung des Elementes entweder zu einem verfrühten Ansprechen des Elementes

- der Arbeitspunkt des Elementes verschiebt sich zur Alarmschwelle,
- oder aber zum verspäteten Ansprechen des Elementes
- der Arbeitspunkt bewegt sich von der Alarmschwelle fort.

### 2.3 Die Alarmauswertung

Die Alarmauswertung für einen automatischen Brandmelder der Pulsmeldetechnik wird mit Bild 4 anschaulicher. Bewegt sich der Meßwert des Melders zwischen dem Ruhewert (RW) und der Alarmauswerteschwelle (AS) so wird dies noch als normaler Betriebsbereich des Melders angesehen.

Erst wenn der Meßwert diese Schwelle unterschreitet, beginnt die 'Alarmauswertung'. Der Algorithmus zur Alarmauswertung geht von folgender Überlegung aus: nach dem Erreichen der Alarmauswerteschwelle muß eine bestimmte konstante Brandmenge zusätzlich überschritten werden, um einen Alarm auszulösen. Die Differenz zwischen dem Ruhewert und der Alarmauswerteschwelle (RW - AS) und Meßwert (MW) wird zum Alarmwert (AW) aufsummiert.

$$AW = \Sigma \{ [ ( RW - AS ) - MW ] \leq MAX \}$$

MAX begrenzt die Summanden so, daß auch beim stärksten Rauchanstieg immer erst nach mehreren Abfragen eine Alarmierung erfolgen kann (siehe Bild 4 offener Brand). Diese Maßnahme ergibt nur eine Verzögerung von wenigen Sekunden im Alarmierungsfall. Sie gewährleistet aber für den seltenen Fall einer starken elektromagnetischen Einkopplung und Verfälschung des Meßwertes eine sehr gute Störungsunterdrückung.

Im Falle eines Brandes mit Schwelphase überschreitet der Alarmwert den Alarmierungsgrenzwert erst nach einiger Zeit, abhängig von der Anstiegsgeschwindigkeit der Meßwerte (siehe Bild 4 Schwelbrand). Dies bedeutet bei geringem Rauchanstieg erfolgt die Alarmierung erst, nachdem eine konstante Brandmenge erreicht wird.

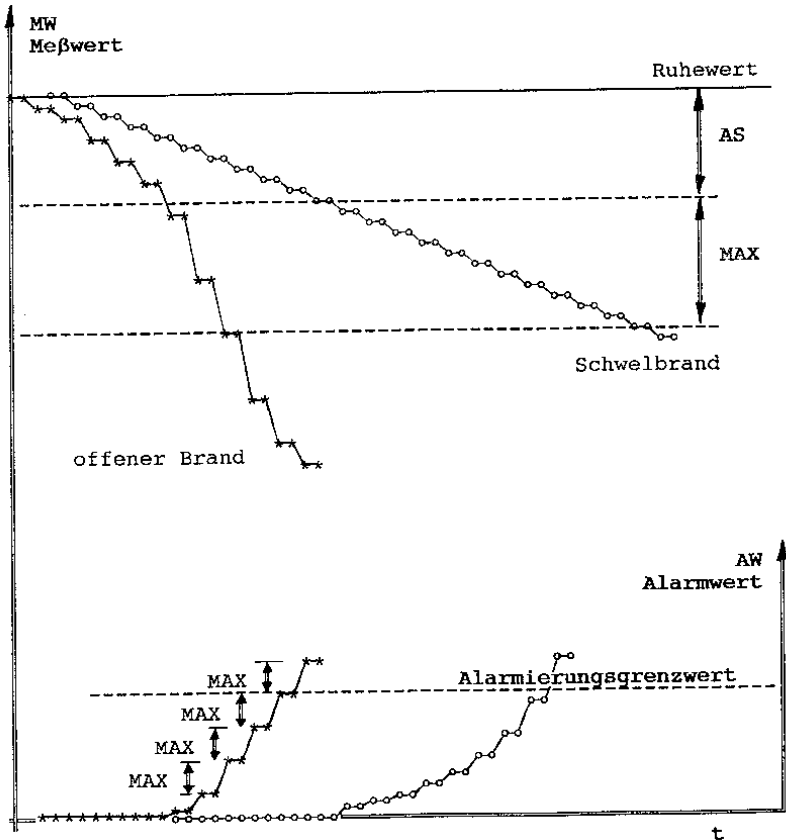


Bild 4) Alarmauswertung der Meßwerte

## 2.4 Automatische Funktionskontrolle der Meldeprimärleitung

Die Elemente und die Meldeprimärleitung werden in der Pulsmeldetechnik wie folgt überwacht:

- nach der Anzahl der Melder
- nach der Größe der Meldermeßwerte.

In jedem Abfragezyklus erfolgt die Kontrolle, ob die Anzahl der gemessenen Stromimpulse mit der Anzahl der versorgten Melder übereinstimmt. Gleichzeitig werden die Meßwerte einer einfachen Plausibilitäts- Prüfung unterzogen. Es lassen sich Bereiche definieren, innerhalb derer sich die Meßwerte bewegen müssen, um einen sicheren Betrieb der Brandmeldeanlage zu gewährleisten (siehe Bild 3). Entsprechende Differenzen führen zur Ausgabe einer Störungsmeldung.

So ist beim kleinstzulässigen Meldermeßwert, bei dem eine Störungsmeldung erfolgt, immer noch gewährleistet, daß dieses Element (z.B. optische Rauchmelder), in der für das System vorgesehenen kürzest möglichen Zeit, in der Brandmelderzentrale Alarm auslöst.

## 2.5 Unterstützung bei neuen Anlagen in kritischer Umgebung

Für neuartige Einsatzfälle oder für Anlagen mit unbekanntem Betriebsverhalten und Störgrößen ist es möglich, die Anlagenverhältnisse durch eine digitale Meßwertaufzeichnung besser zu erforschen und kennenzulernen. Nach dieser Erprobungsphase lassen sich durch geeignete Wahl der Auswerteparameter die Anlageneigenschaften entsprechend optimieren.

## 3. Ein optischer Rauchmelder mit analoger Meßwertübertragung

Als Beispiel für die Übertragung der Brandkenngröße Rauchdichte dient ein optischer Rauchmelder.

### 3.1 Verschiedene Prinzipien zur Messung der Brandkenngröße

#### Rauchdichte

Bei optischen Rauchmeldern unterscheidet man zwischen folgenden Prinzipien:

- dem Durchlichtverfahren (Extinktionsmelder) und
- dem Streulichtverfahren, wobei zwischen der Vorwärtsstreuung von Licht an den Rauchpartikeln und der Rückwärtsstreuung unterschieden wird.

Beim Durchlichtverfahren besteht direkter Sichtkontakt zwischen Sender und Empfänger. Die vom Rauch erzeugte Lichttrübung wird als Meßgröße ausgewertet. Durch scharfe Lichtbündelung und die Modulation des zur Messung verwendeten Infrarotlichtes sind weite Strecken überwachbar. Extinktionsmelder werden im wesentlichen für Referenzmessungen und lange Überwachungsstrecken eingesetzt.

Streulichtrauchmelder weisen keinen direkten Blickkontakt zwischen Sender und Empfänger auf. Lichtfallen und Blenden halten die vom Empfänger gemessene Streulichtmenge, die die notwendigen Gehäuseteile verursachen, klein.

Die Streuung von Licht an homogenen kugelförmigen Partikeln bekannter Größe und mit bekanntem Brechungsindex lassen sich mit Hilfe der Mie-Theorie beschreiben /Mie/. In /Gie/ wurden umfangreiche Richtcharakteristiken von Streuungen elektromagnetischer Wellen an Teilchen verschiedener Größen durchgeführt. Sie zeigen:

- a) daß mit zunehmender Teilchengröße die Beugungspitze  $\alpha \approx 0^\circ$  immer höher und schmaler wird und
- b) sich für Winkel  $\alpha \approx 135^\circ$  (siehe Bild 5) die Streuung (für Teilchendurchmesser größer der Lichtwellenlänge) unabhängig von der Teilchengröße wird.

Dies bedeutet projiziert auf die Messung der Brandkenngröße Rauchdichte:

Der Meßeffect für die Rückwärtsstreuung  $\alpha > 90^\circ$  an Rauchpartikeln ist zwar wesentlich kleiner als der Meßeffect bei der Vorwärtsstreuung  $\alpha < 90^\circ$ , aber dafür unabhängiger von der Rauchpartikelgröße und der Rauchpartikelbeschaffenheit.

Durch den Einsatz leistungsstarker Infrarot- Lumineszenzdioden und hochempfindlicher Empfangsdetektoren läßt sich dieser Verlust an Empfindlichkeit wieder ausgleichen.

Optische Rauchmelder, die die Rückwärtsstreuung von Rauchpartikeln auswerten, weisen ein wesentlich besseres Übertragungsverhalten der Brandkenngröße Rauchdichte auf. Dies macht sich in einem wesentlich gleichmäßigeren Ansprechverhalten für alle Raucharten bemerkbar. Dies gilt im Besonderen auch für hellen und dunklen Rauch.

### 3.2 Ein optischer Rauchmelder unter Ausnützung des Prinzips der Rückwärtsstreuung von Licht an Rauchpartikeln

Den schematischen Aufbau der Optik zeigt Bild 5. Der BR82 ist ein rückwärtsstreuender optischer Rauchmelder nach dem Pulsmeldeprinzip. Er besitzt gute Frühwarneigenschaften und zeigt ein gleichmäßiges Ansprechverhalten bei allen Bränden mit sichtbarer Rauchentwicklung. Seine Ansprechempfindlichkeit bleibt durch eine Ruhewertnachführung in der Zentrale während seiner ganzen Betriebszeit nahezu konstant.

Durch das Anlegen eines Steuerimpulses kann eine vollständige Funktionsprüfung des Melders einschließlich seiner optischen Komponenten durch die Zentrale stattfinden.



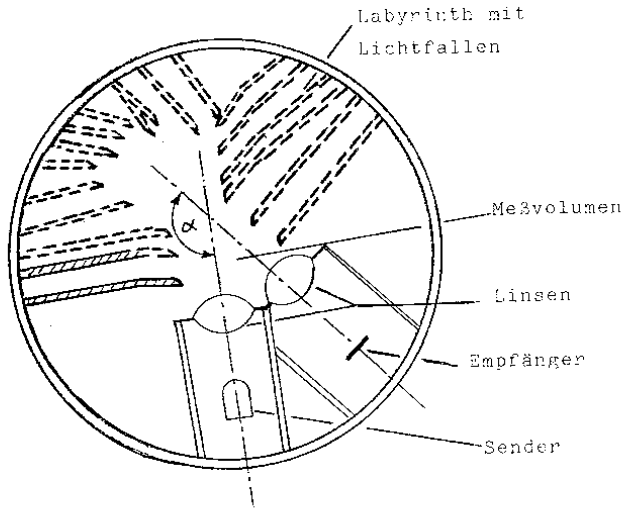


Bild 5)

Aufbau eines optischen Rauchmelders, der die Rückwärtsstreuung von Rauchpartikeln auswertet

Der Melder besteht aus den im Blockschaltbild Bild 6 dargestellten Funktionsblöcken. Sie erfüllen folgende Aufgaben:

- a) Einer **Stromversorgung**, die die restlichen Funktionsblöcke kontinuierlich mit Energie versorgt, unabhängig von der Spannung auf der Meldeprimärleitung.
- b) Einem **Impulsgenerator** (monostabile Kippstufe), der von der Abfragespannung getriggert wird. Der Impulsgenerator liefert nachdem die Einschwingvorgänge im Melder abgeklungen sind:
  - den Stromimpuls für die Infrarotsendediode (I-RED),
  - die Steuersignale für das Abtast- und Halteglied und für den Strom- Zeitumformer.

Durch das Aktivieren eines Steuerimpulses in der Brandmelderzentrale läßt sich der Stromimpuls für die I-RED unterdrücken.

- c) Einer Meßkammer, in der die Rauchkonzentration nach der Tyndall-Methode gemessen wird. Die Meßkammer ist so aufgebaut (siehe Bild 4) :
- daß Luft und Rauchpartikel von allen Seiten leicht eindringen können,
  - daß Licht von außen durch das Labyrinth und die Melderkappe nicht in die Meßkammer gelangen,
  - daß die nebeneinander liegende Sende- (I-RED) und Empfangsdiode (Photodiode) keine direkte sichtbare Verbindung zueinander aufweisen. Dringen Rauchpartikel in die Meßkammer ein, lenken sie einen kleinen Teil des vom Sender erzeugten Infrarotlichtes auf die Photodiode.
- d) Einem Impulsverstärker, in ihm wird der sehr kleine Strom der Photodiode verstärkt.
- e) Einem Abtast- und Haltebaustein, das Eingangssignal wird nur während der Zeit des Sendeimpulses abgetastet und anschließend gehalten.
- f) Einem Strom- Zeitumformer, hier wird eine, der Amplitude des festgehaltenen Signals reziproke Zeit erzeugt.
- g) Einer Steuerlogik, in der folgende Vorgänge gleichzeitig ablaufen:
- Abgabe eines Stromimpulses an die Zentrale zur Auswertung des Meldermeßwertes (Pulsphasenmodulation),
  - Weiterschalten der Abfragespannung an den nachfolgenden Melder.
- Sendet die Zentrale einen Steuerimpuls für diesen Melder, aktiviert die Steuerlogik die Melderanzeige und unterdrückt den Stromimpuls für die Infrarotsendediode.

### 3.3 Funktionsüberwachung der optischen Meßstrecke

Beim rückwärtsstreuenden optischen Rauchmelder lassen sich von der Anschaltebaugruppe in der Brandmelderzentrale aus,

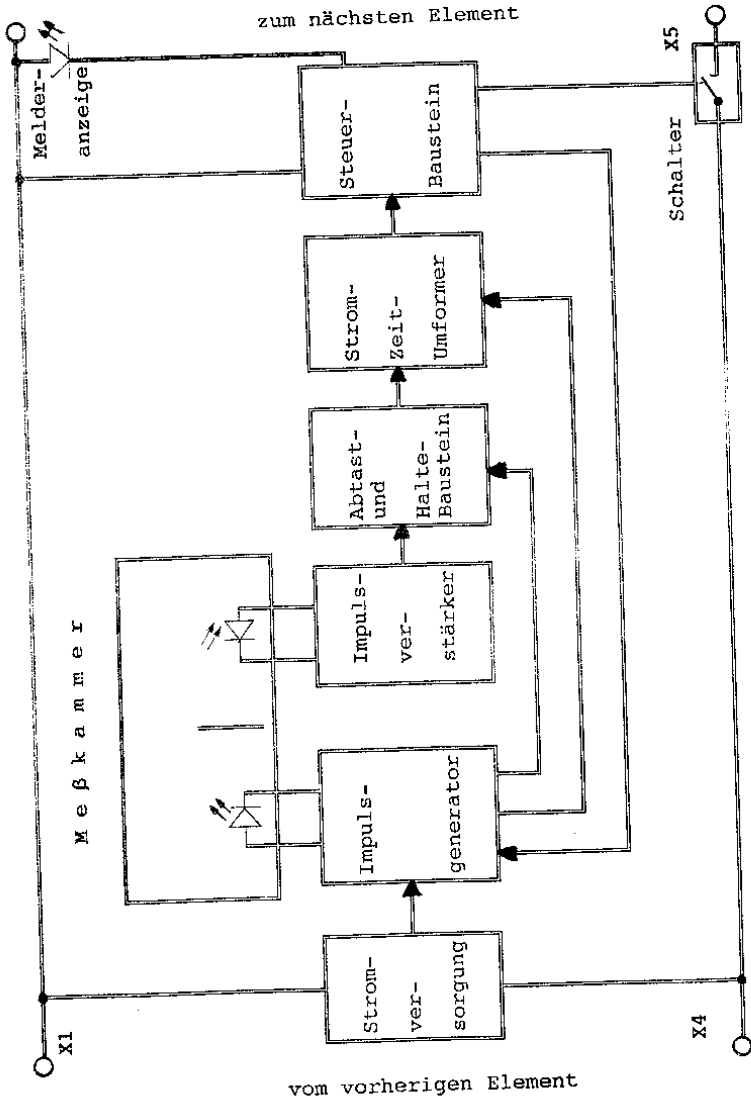


Bild 6)  
Blockschaltbild des optischen rückwärtsstreuenden  
Rauchmelders BR 82 der Pulsmeldetechnik

die gesamte Funktion des Melders einschließlich der optischen Meßstrecke überprüfen.

In der Meßkammer wird im Normalbetrieb ein sehr geringer Teil des ausgesendeten Infrarotlichtes am Labyrinth zum Empfänger zurückgestreut, es ergibt sich ein Meßwert (MW).

#### Prüfzyklus Dunkelwertmessung :

Durch das Ansteuern des BR 82 mit einem Steuerimpuls wird in diesem Meßzyklus kein Lichtblitz in der Meßkammer erzeugt. Der zu diesem Vorgang gehörende Meßwert ist der Dunkelwert (DW) des Melders.

Bei einem funktionsfähigen optischen Rauchmelder muß die Differenz zwischen Dunkelwert und Meßwert einen Grenzwert (MIN) überschreiten

$$DW - MW \geq MIN$$

damit die Funktion der optischen Elemente gewährleistet ist.

### 3.4 Meßergebnisse

Das Ansprechverhalten der Pulsmelder läßt sich durch die serienmäßige analoge Meßwertübertragung leicht veranschaulichen. In Bild 7 sind für zwei Testbrände das unterschiedliche Ansprechverhalten eines 'vorwärtsstreuenden' Grenzwertmelders BR 17 und des 'rückwärtsstreuenden' Pulsmelders BR 82 dargestellt.

Als Vergleichsmeßwerte sind die Rauchdichte  $m$  (optisch, gemessen mit der Durchlichtmeßstrecke der Firma Sick) und die Rauchdichte  $y$  (Ionisationsprinzip, gemessen mit der Meßionisationskammer MIC der Firma Cerberus) mit aufgezichnet.

Aus den Kurven wird ersichtlich, daß beide Melder für hellen Rauch (beim Holzschwelbrand) etwa gleiche Ansprechempfindlichkeit besitzen.

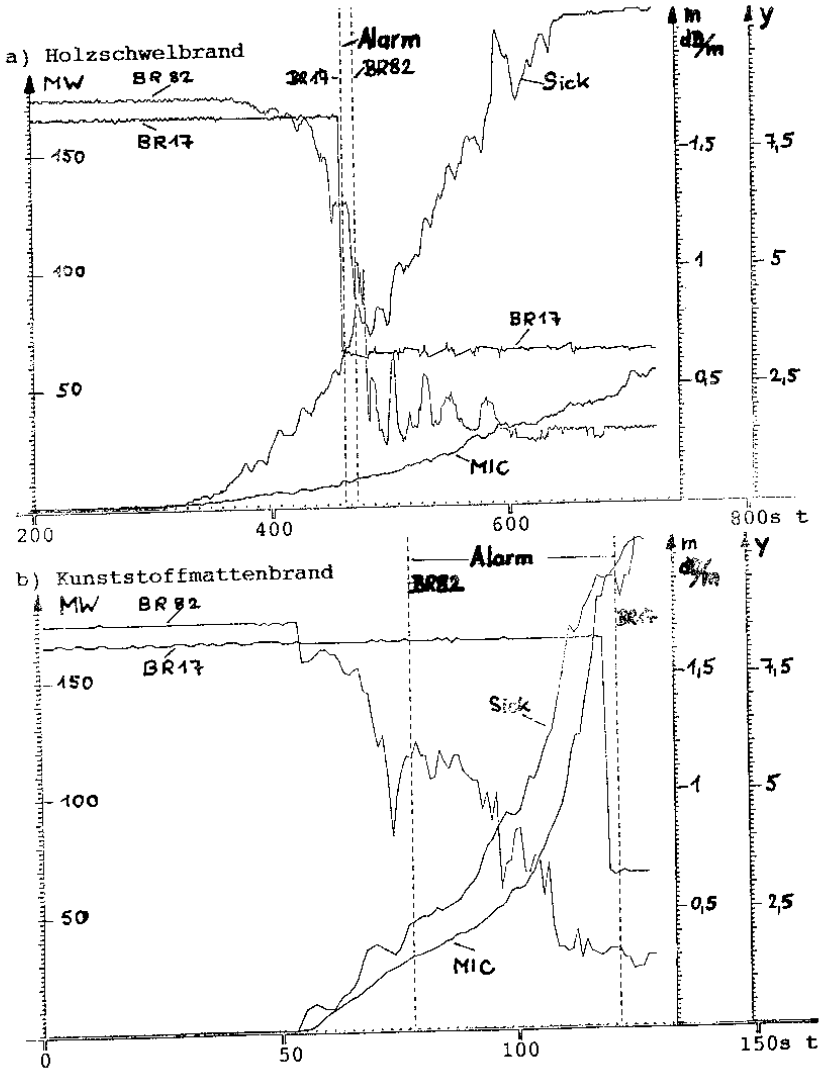


Bild 7)  
Vergleichsmessungen eines vorwärts- und eines rückwärts-  
streuenden optischen Rauchmelders mit Testbränden nach  
EN 54 Teil 9  
a) Testbrand TF2 (Pyrolyseschwelbrand- Holz)  
b) Testbrand TF4 (offener Kunststoffbrand- Polyurethan)

Der 'rückwärtsstreuende' Rauchmelder verändert bei dunklem Rauch (Kunststoffmattenbrand) seine Ansprechschwelle nicht wesentlich.

Der 'vorwärtstreuende' Rauchmelder spricht bei dunklem Rauch aber erst bei viel größeren Rauchdichten an.

Anhand der weiteren in der EN 54 Teil 9 vorgeschriebenen Testbrände läßt sich das gleichmäßige Rauchansprechverhalten des optischen Rauchmelders mit 'Rückwärtsstreuung' erkennen. Bei der Zulassung nach EN 54 ergaben sich bei der Zulassungsstelle folgende Ergebnisse für das Ansprechen der Melder:

- Testbrand TF2 (Pyrolyseschmelbrand- Holz)  
m = 0,25 dB/m ; y = 0,15            dies entspricht Klasse A
- Testbrand TF3 (Glimmschmelbrand- Baumwolle)  
m = 0,3 dB/m ; y = 0,9            dies entspricht Klasse A
- Testbrand TF4 (offener Kunststoffbrand- Polyurethan)  
m = 0,3 dB/m ; y = 1,5            dies entspricht Klasse B
- Testbrand TF5 (Flüssigkeitsbrand- n-Heptan)  
m = 0,4 dB/m ; y = 2,1            dies entspricht Klasse B.

Für den Einsatz von Pulsmeldetechnik in Anlagen mit erschwerten Einsatzbedingungen ergeben sich für die Erprobung die Möglichkeit der Ruhewert- und der Meßwertaufzeichnung.

Bild 3 zeigt den Ruhewertverlauf einer Versuchsanlage, wie er mit einem Datensammelgerät einfach aufgezeichnet werden kann. Dazu müssen nur über eine serielle Schnittstelle die von der Zentrale gebildeten Ruhewerte abgespeichert werden.

Um kurzzeitige Störeinflüsse zu registrieren, muß das Datensammelgerät nur die aktuellen Meldermeßwerte aufzeichnen. Damit wird es in den sehr seltenen Problemfällen einfach möglich, Störquellen zu verifizieren und zu lokalisieren.

Aus Bild 3 wird auch ersichtlich, wie durch die kontinuierliche Ruhewertnachführung die Einsatzzeit der Pulsmelder gegenüber Grenzwertmeldern vergrößert wird. Ein Grenzwertmelder mit vergleichbarer Ansprechschwelle spricht bei dieser Beanspruchung bereits nach einem Viertel der Versuchszeit an, während die Pulsmelder nach dem Ende des Versuches voll funktionsfähig waren.

#### 4. Zusammenfassung

Durch die adressierte, analoge Datenübertragung der Meldermeßwerte zur 'intelligenten' Brandmelderzentrale lassen sich die Meldereigenschaften weiter verbessern. Der BR 82 besitzt gute Frühwarneigenschaften und zeigt ein gleichmäßiges Ansprechverhalten bei allen Bränden mit sichtbarer Rauchentwicklung. Seine Ansprechempfindlichkeit bleibt durch die Ruhewertnachführung in der Zentrale während seiner ganzen Betriebszeit nahezu konstant.

Durch die Einzelidentifikation läßt sich bereits an der Brandmelderzentrale der genaue Ort des alarmauslösenden Melders ermitteln. Mit der Auswertung des im Labyrinth zurückgestreuten Restlichtes ist eine vollständige Funktionskontrolle einschließlich der optischen Elemente des Pulsmelders ohne zusätzlichen Hardwareaufwand durchführbar.

Literaturverzeichnis:

- /CEA/ CEA (Commission incendie du Comité Européen des Assurances).  
Wirksamkeit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit  
automatischer Brandschutzanlagen (Begriffe, Ziele,  
Grundanforderungen) - CEA, Entwurf Nr. 8, Feb. 1987.
- /Gie/ Giese, R. H.:  
Streuung elektromagnetischer Wellen an  
absorbierenden und dielektrischen kugelförmigen  
Einzelteilchen und an Gemischen solcher Teilchen.  
Zeitschrift für Astrophysik 51, 1961, S. 119 - 147.
- /Mie/ Mie, G.:  
Beiträge zur Optik trüber Medien, speziell  
kollidialer Metallösungen. - Annalen der Physik  
4. Folge, Band 25, 1908, S. 377-445.
- /Tom/ v. Tomkewitsch, R.:  
Das Pulsmelde- System- ein Brandmeldesystem mit  
zentraler Meßwertverarbeitung. - Technische  
Überwachung, 1983, Heft 2.



Otfried Post  
Siemens AG, München, Bundesrepublik Deutschland

Ein Meßwerterfassungs- und Registrierersystem für  
Brandkenngrößen.

1. Einleitung

Die in diesem Beitrag vorgestellte Arbeit entstand im Rahmen eines vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojektes, das in Partnerschaft mit der Universität - GH - Duisburg, Fachgebiet Nachrichtentechnik Prof. Dr.-Ing. H. Luck durchgeführt wurde.

Die Zielsetzung ist, durch Aufnahme und Analyse unterschiedlicher Brandkenngrößenverläufe eine Reduzierung der falschen Alarme in automatischen Brandmeldeanlagen zu erreichen.

Mit dem vorgestellten Meßwerterfassungs- und Registrierersystem werden die analogen Meßgrößen der an eine Meßlinie angeschlossenen Pulsmelder periodisch erfasst, parametrisiert gespeichert und einer Offline-Auswertung zur Verfügung gestellt.

Bild 1 zeigt das Meßwerterfassungs- und Registrierersystem in der Übersicht.

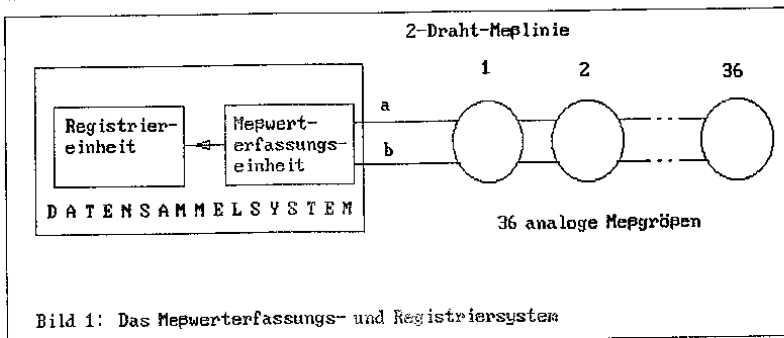


Bild 1: Das Meßwerterfassungs- und Registrierersystem

Die aufgenommenen Meßgrößen stammen von den folgenden analog arbeitenden Meßköpfen :

- |                                        |        |
|----------------------------------------|--------|
| a) Ionisationskammer - Rauchmeßkopf    | (I-MK) |
| b) Optischer Streulicht - Rauchmeßkopf | (O-MK) |
| c) Temperatur - Meßkopf                | (T-MK) |
| d) Luftfeuchtigkeits - Meßkopf         | (F-MK) |
| e) Luftdruck - Meßkopf                 | (L-MK) |

Sowohl die Meßköpfe als auch die Meßwerterfassungseinheit sind so ausgelegt, daß sie den für automatische Brandentdeckungssysteme üblichen Installationsstandards entsprechen, d. h. die Meßkopfelektronik ist in praxiserprobten Meldergehäusen untergebracht und mit Melderfassungen an die 2-adrige Meßlinie angeschlossen. Die Meßlinie dient zugleich zur Energieversorgung der Meßköpfe und Übermittlung der Meßdaten.

Die Meßköpfe zur Erfassung der Brandkenngrößen "Rauch" (I-MK und O-MK) und "Temperatur" (T-MK) und die Meßköpfe zur Erfassung der Umgebungsindikatoren "Luftfeuchte" (F-MK) und "Luftdruck" (L-MK) sind engbenachbart zu einer Meßkopfgruppe zusammengebaut, sodaß sie einen nahezu punktförmig messenden Mehrfachmeßkopf bilden.

Sechs dieser Meßkopfgruppen werden über die Meßlinie an die Meßwerterfassungseinheit angeschlossen und ihre Meßgrößen in der Registriereinheit gespeichert.

Das Datensammelsystem (Bild 1) besteht aus der Meßwerterfassungseinheit und der Registriereinheit.

Die Meßwerterfassungseinheit versorgt die über die Meßlinie angeschlossenen Meßköpfe mit Energie, fragt ihre Meßwerte periodisch ab und gibt sie als serielltes Datentelegramm auf eine V24 / RS232 - Schnittstelle.

Die Hardware der Registriereinheit ist ein handelsüblicher Personalcomputer, der mit einem für diese Meßaufgabe entwickelten menügeführten Programm die über die serielle Schnittstelle empfangenen Datentelegramme bewertet und in Abhängigkeit von benutzereinstellbaren Aufzeichnungsschwellen Brandkenngrößen und Umgebungsindikatoren zusammen mit Datum und Uhrzeit speichert. Am Ende einer Messung stehen die gespeicherten Daten auf einem Wechselspeicher zur Offline-Auswertung zur Verfügung.

Das vorgestellte Datensammelsystem ist zusammen mit den analogwertübertragenden Pulsmeldern eine notwendige Voraussetzung zur Erlangung weiterer Informationen über die statistischen Eigenschaften von Brandkenngrößen und Umgebungsindikatoren nicht nur im Brandfall, sondern auch im Nicht-Brandfall /1/.

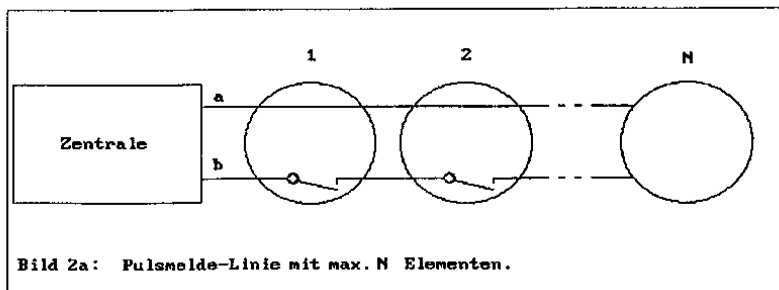
Diese Informationen werden im Rahmen des o.g. Forschungsprojektes von den Partnern Siemens AG München und Universität Duisburg, Fachbereich Nachrichtentechnik, mit Hilfe eines sorgfältig ausgearbeiteten Meßprogramms in verschiedenen praxisnahen Installationsumgebungen gewonnen.

## 2. Angepaßtes Pulsmeldesystem

Als Schnittstelle zwischen den eigentlichen Meßwandlern als Umsetzer der Brandkenngrößen (Rauchdichte und Temperatur) bzw. der Umgebungsindikatoren (relative Luftfeuchtigkeit und absoluter Luftdruck), sowie auch als Datenübertragungseinrichtung fungiert eine bezüglich Auflösung und Genauigkeit erweiterte Version des seit vielen Jahren in der Brandmeldetechnik eingeführten und bewährten Pulsmeldeprinzips.

Wie funktioniert das Pulsmeldeprinzip ?

Das im folgenden beschriebene Pulsmeldesystem /2/,/3/ zeigt in Bild 2a eine 2-Draht-Linie, bei der die b-Ader in jedem Linienelement (Melder, Externe Anzeigen, Steuerungen, etc.) unterbrochen ist. Die Elemente auf der Linie werden einmal pro Sekunde abgefragt, indem die Zentrale einen Spannungsverlauf nach Bild 2b abgibt. Die Elemente antworten der Reihe nach mit einem Stromimpuls (Bild 2c) und schalten gleichzeitig die b-Ader zum nächsten Element durch. Aufgrund des angewandten Kettensynchronisations-Prinzips sind die Linienelemente von der Zentrale aus einzeln adressierbar.



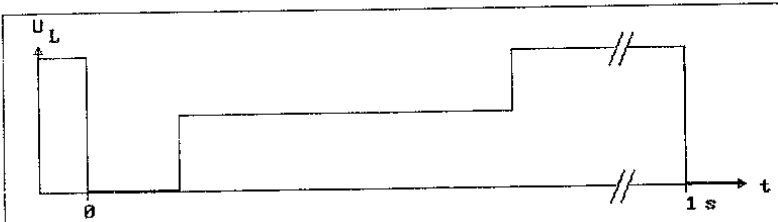


Bild 2b: Spannungsverlauf auf einer Pulsmeldelinie

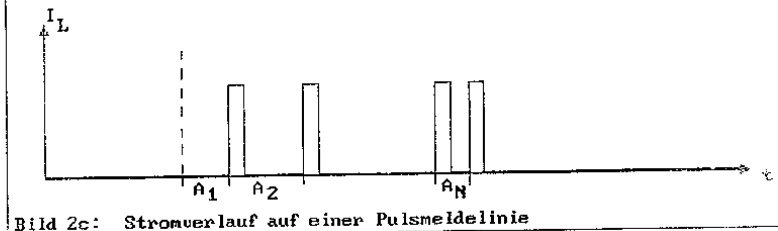


Bild 2c: Stromverlauf auf einer Pulsmeldelinie

Nach jedem vollständigen Umlauf, d.h. jede Sekunde, vergleicht die Zentrale die Anzahl der eingelaufenen Stromimpulse mit der im ROM hinterlegten Sollzahl. Bei Ungleichheit kann eine Linienstörung signalisiert werden.

Die zu übertragende analoge Meßgröße beeinflusst mit Hilfe eines Zeitglieds die Antwortzeit  $A(i)$  des Elementes  $i$  ( $i = 1$  bis  $N$ ) (Bild 2c). Die analoge Meßgröße wird der Meßwert-erfassungseinheit als pulphasenmoduliertes Signal übergeben.

Typische Antwortzeiten von Pulsmelder-Elementen liegen im Bereich von einigen Millisekunden.

Diese Antwortzeiten werden in der Zentrale in einem Zähler mit quarzstabiler Zeitbasis gemessen und in digitale Meßwerte gewandelt.

Am Ende jedes Sekundenzyklus stehen in der Zentrale die digitalen Meßwerte aller angeschlossenen Linienelemente bereit. Sie werden anschließend als serielles Datentelegramm an die Registriereinheit ausgegeben.

Beim Pulsmeldesystem besteht die Möglichkeit, die Linienelemente gezielt anzusteuern. Diese Option ist bei der hier vorgestellten Version eines reinen Messystems weggelassen worden. Der Meßaufgabe angepaßt ist die Auflösung der Elementantwortzeiten um den Faktor 10 erhöht und der pro Element übertragbare Zeitbereich auf 1,6 bis ca. 16 Millisekunden vergrößert worden.

### 3. Meßwerterfassung

#### 3.1 Die Meßkopftypen (I-MK, O-MK, FT-MK, LT-MK)

Mit dem vorgestellten Datensammelsystem werden die in Tabelle 1 gezeigten physikalischen Größen in elektrische Meßgrößen gewandelt und für eine spätere Auswertung gespeichert. Tabelle 1 zeigt auch den Typ des jeweils verwendeten Meßwandlers bzw. das angewandte Meßprinzip.

Meßkopf- typ	physikalische Größe/Effekt	Meßwandler/Meßprinzip
-----		
I-MK	Rauchdichte	Ionisationskammer
O-MK	Rauchdichte	optische ( IR ) Rückwärtsstreuung
FT-MK	Relative Luftfeuchtigkeit Temperatur der Umgebung	kapazitiver Feuchtesensor Heißleiter (NTC)
LT-MK	Absoluter Luftdruck Temperatur der Druckmeß- brücke	piezoresistive Druckmeßbrücke Heißleiter (NTC)

Tabelle 1: physikalische Größen und Meßwandlertyp

### 3.2 Funktionsbeschreibung der verwendeten Meßköpfe

Der Ionisations-Rauchmeßkopf (I-MK) ist selektiert aus dem Serienprodukt des Ionisations-Rauchmelders BR 800. Er arbeitet mit einem alphastrahlenden Präparat nach dem Ionisationsprinzip (Am 241, 15 kBq (0,4  $\mu$ Ci)).

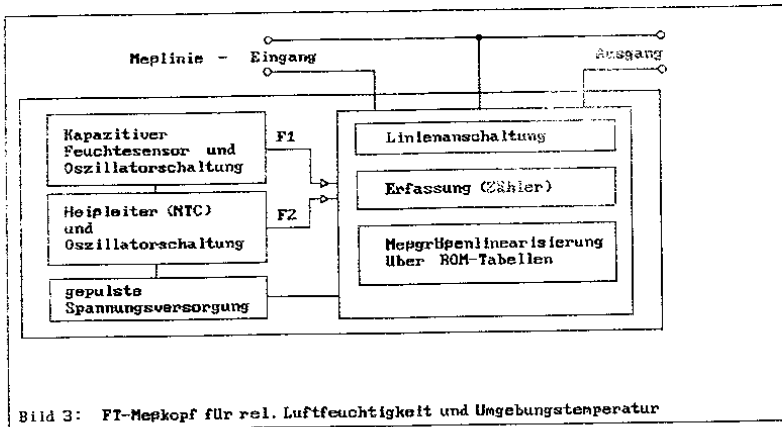
Dringen Aerosole in seine Meßkammer, dann verkleinert sich aufgrund der reduzierten Ionengeschwindigkeit der Kammerstrom und verkürzt über das eingebaute Zeitglied die abgegebene Impulslänge. Eine detaillierte Funktionsbeschreibung der Ionisationsmeßkammer findet sich in zahlreicher Literatur /4/, /5/, /6/.

Der optische Rauchmeßkopf (O-MK) ist ebenfalls aus dem Serienprodukt des Rauchmelders BR 82 selektiert. Er arbeitet nach dem Prinzip der optischen Rückwärtsstreuung. Eine gepulst betriebene infrarot-emittierende Halbleiterdiode (IR-LED) und eine Fotodiode sind in einer Labyrinthkammer so angeordnet, daß nur das von eingedrungenen Rauchpartikeln gestreute Licht auf den Fotoempfänger fällt. Eine elektronische Schaltung setzt die Empfängerstromänderung in eine Änderung der Verzögerungszeit des abgegebenen Stromimpulses um. Eine detaillierte Funktionsbeschreibung des optischen Rauchmelders findet sich in /7/.



Der Feuchte/Temperatur-Meßkopf (FT-MK) (Bild 3) ist ein kombinierter Meßkopf zur Erfassung der relativen Luftfeuchtigkeit und der Umgebungstemperatur. Er besteht aus den sechs Komponenten

- Feuchtesensor mit Oszillatorschaltung
- Temperatursensor mit Oszillatorschaltung
- Erfassung der Feuchte- und Temperaturmeßgrößen
- Linearisierung der Feuchte- und Temperaturmeßgrößen
- Linienanschl. an die Pulsmelderschnittstelle und Ausgabe der Meßgrößen als pulsphasenmodulierte Stromimpulse
- gepulste Spannungsversorgung



Der Meßkopfteil zur Erfassung der relativen Luftfeuchte verwendet als Meßwandler einen kapazitiven Feuchtesensor. Eine Änderung der relativen Luftfeuchtigkeit führt zu einer Kapazitätsänderung, die mit Hilfe einer Oszillatorschaltung in eine Frequenzänderung überführt wird.

Der Meßkopfteil zur Erfassung der Umgebungstemperatur verwendet als Meßwandler einen Heißleiter (NTC). Eine Änderung der Umgebungstemperatur bewirkt eine Widerstandsänderung, die mit Hilfe einer weiteren Oszillatorschaltung in eine zweite Frequenzänderung überführt wird.

Ein Mikrocomputer im FT-Meßkopf übernimmt nun die weitere Bearbeitung der Meßgrößen. Zuerst wird das Frequenzsignal F1 (Feuchtekanal) auf den Eingang eines Zählers geschaltet. Dieser ermittelt während einer quarzstabilen Torzeit die Anzahl der positiven Flanken von F1. Der Zählerstand wird im RAM als ZF1 zwischengespeichert. Danach wird das Frequenzsignal F2 (Temperaturkanal) auf den Zählereingang geschaltet und während der gleichen Torzeit die Anzahl der positiven Flanken von F2 ermittelt. Der Zählerstand wird im RAM als ZF2 gespeichert. Anschließend wird geprüft, ob die ermittelten Zählerstände ZF1 und ZF2 die im ROM hinterlegten Meßbereichsgrenzen nicht über- bzw. unterschreiten. Im Regelfall dienen die ermittelten Zählerstände als Adressen für Linearisierungstabellen, die während der Kalibrierung individuell für jeden Meßkopf in seinem ROM hinterlegt worden sind.

In jedem Meßkopf gibt es eine Linearisierungstabelle für den Feuchtesensor, die das nichtlineare Verhalten zwischen der relativen Luftfeuchtigkeit und der Frequenz F1 beschreibt und eine Linearisierungstabelle für den Temperatursensor, die das nichtlineare Verhalten zwischen der Umgebungstemperatur und der Frequenz F2 beschreibt. Da die Meßköpfe während der Produktion individuell kalibriert werden, stecken in den Linearisierungstabellen zusätzlich zu den Kennliniendaten des spezifischen Sensors auch Informationen über die Toleranzen der frequenzbestimmenden Bauteile.

Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß der FT-Meßkopf sekundlich die gemessene relative Luftfeuchte linear als ersten pulsphasenmodulierten Stromimpuls abgibt und anschließend die gemessene Umgebungstemperatur linear als zweiten pulsphasenmodulierten Stromimpuls abgibt. Nach Abgabe dieses zweiten Stromimpulses erfolgt die Weiterschaltung der b-Ader zum nächsten Meßkopf.

Der Druck/Temperatur-Meßkopf (LT-MK) (Bild 4) ist ein kombinierter Meßkopf zur Erfassung des absoluten Luftdrucks und der Temperatur des Drucksensors. Er besteht ähnlich wie der FT-Meßkopf aus den sieben Komponenten

- Druckmeßbrücke mit Wandlerelektronik
- Temperatursensor mit Oszillatorschaltung
- Erfassung der Druck- und Temperaturmeßgrößen
- Temperaturkompensation der Druckmeßbrücke
- Linearisierung der Druck- und Temperaturmeßgrößen
- Linienanschlusung an die Pulsmelderschnittstelle und Ausgabe der Meßgrößen als pulsphasenmodulierte Stromimpulse
- gepulste Spannungsversorgung

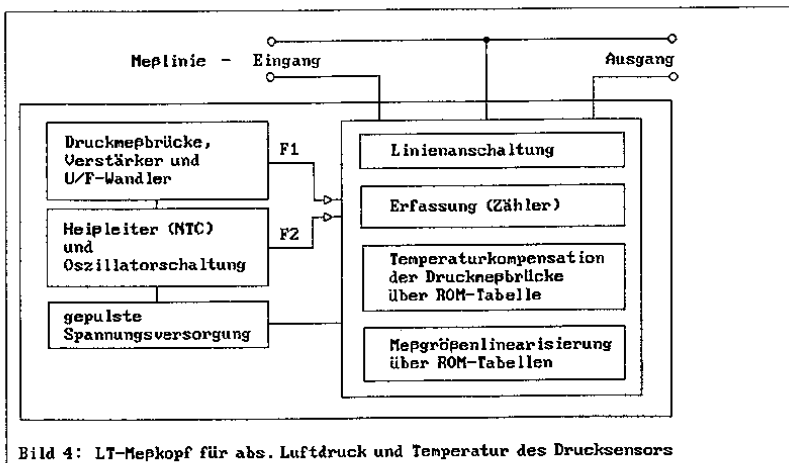


Bild 4: LT-Meßkopf für abs. Luftdruck und Temperatur des Drucksensors

Der Meßkopfteil zur Erfassung des absoluten Luftdrucks verwendet als Meßwandler eine piezoresistive Druckmeßbrücke. Eine Änderung des absoluten Luftdrucks führt wegen

der Durchbiegung der dünngeätzten Siliziummembran zur Wertänderung der implantierten Widerstände. Das bewirkt bei konstanter Brückenspeisespannung eine sich ändernde Brückendiagonalspannung, die mit Operationsverstärkern verstärkt einem Spannungs-Frequenzwandler zugeführt wird. Das Frequenzgangssignal des U/F-Wandlers ist proportional zum absoluten Luftdruck.

Der Meßkopfteil zur Erfassung der Temperatur des Drucksensors ist notwendig, um den Temperaturfehler der Druckmeßbrücke zu kompensieren. Dieser Meßkopfteil ist genauso aufgebaut wie im FT-Meßkopf, nur wird beim LT-Meßkopf der Heißleiter in guten thermischen Kontakt zu dem gegen schnelle Umgebungstemperaturänderungen isolierten Drucksensor gebracht, während im Gegensatz dazu der Heißleiter im FT-Meßkopf, wie bei einem Wärmemelder, frei dem Umgebungsluftstrom ausgesetzt ist, um die kleine Ansprechzeitkonstante des verwendeten Heißleiters nicht zu vergrößern.

Ein Mikrocomputer im LT-Meßkopf übernimmt nun die weitere Bearbeitung der Meßgrößen. Der Funktionsablauf ist im Prinzip der gleiche wie beim FT-Meßkopf, nur ist die Linearisierungstabelle für den Druckkanal zweistufig ausgelegt. Beide Tabellen werden adressiert vom Zählerstand des Temperaturkanals. Die erste Tabelle enthält als Datum die temperaturabhängige Druckempfindlichkeit und die zweite Tabelle enthält als Datum den temperaturabhängigen Offset des Druckkanals für den unteren Bezugsdruck. Der auszugebende Zeitwert für den absoluten Luftdruck ergibt sich aus dem Produkt Zählerstand des Druckkanals und temperaturkompensierte Druckempfindlichkeit abzüglich temperaturkompensierter Druckoffset.

Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß der LT-Meßkopf sekundlich den gemessenen absoluten Luftdruck linear als ersten pulsphasenmodulierten Stromimpuls abgibt und

anschließend die gemessene Temperatur des Drucksensors linear als zweiten pulsphasenmodulierten Stromimpuls abgibt. Nach Abgabe dieses zweiten Stromimpulses erfolgt die Weiterschaltung der b-Ader zum nächsten Meßkopf.

Während der Dauer der Startspannung ( 0 Volt für 70 Millisekunden) im Linienspannungsverlauf gehen alle FT- und LT-Meßköpfe auf der Linie aus einem Standby-Mode in den aktiven Zustand, sie erfassen die jeweils zwei Meßgrößen während einer festen Torzeit und führen die Meßwertlinearisierung durch. Anschließend gehen sie wieder in den Standby-Mode, den sie nur kurz verlassen, um die beiden Stromimpulse abzugeben. Aufgrund dieser stromsparenden Arbeitsweise beträgt die mittlere Leistungsaufnahme eines FT- bzw. LT-Meßkopfs weniger als 5 mW. Sie ist damit vergleichbar mit der Leistungsaufnahme der markteingeführten Pulsmelder.

Wegen der unumgänglichen Toleranzen und Nichtlinearitäten besonders der verwendeten Sensoren und wegen der Forderung nach Absolutgenauigkeit und linearem Übertragungsverhalten der Meßköpfe ist eine individuelle Kalibrierung sowohl der FT- wie auch der LT-Meßköpfe notwendig. Die Kalibrierung erfolgt unter kontrolliertem Druck-, Feuchte- und Temperatureinfluß. Mit Hilfe eines für diese Kalibrierungsaufgabe entwickelten rechnergestützten Meßplatzes können die individuellen ROM-Tabellen aus den aufgenommenen Meßwerten automatisch erzeugt werden. Dieses Verfahren vereinfacht wegen des Wegfalls jeglichen Analogabgleichs die Produktion der benötigten 60 Stück FT-Meßkopf und 60 Stück LT-Meßkopf.

Die folgende Tabelle 2 zeigt die technischen Daten der verwendeten Meßköpfe.

Meßkopftyp	I-MK	O-MK	F-MK	T-MK	L-MK
Meßgröße	Aerosole	Aerosole	Rel. Luft- feuchtig- keit	Tempera- tur	Abs. Luft- druck
Bereich	0..1,5 y-Wert (Rauch- konzen- tration)	0..0,6 dB/m (Licht- trübung SICK)	0..100 Z rF	-30..100 °C	820..1080 hPa
Auflösung	11..12 Bit	11..12 Bit	0,04 ZrF	0,04 K	0,08 hPa
Genauigkeit	10 Bit relativ	10 Bit relativ	<+/-3 ZrF absolut	<+/-0,5 K absolut	<+/-5 hPa absolut
Zeitkonstante	< 1 s	< 1 s	1 s (90% vom Endwert)	10 s	< 1 s
Leistungs- aufnahme	----- < 5 mW (an 24 V pulsierend) -----				
Ankopplung	----- Pulmellerschnittstelle an 2-Draht-Linie -----				

Tabelle 2: Technische Daten der verwendeten Meßköpfe

### 3.3 Anordnung der Meßköpfe auf der Linie

Die vorgestellten 4 verschiedenen Meßkopftypen I-MK, O-MK, FT-MK und LT-MK bilden eine Meßkopfguppe. Sie sind räumlich eng benachbart montiert, sodaß die von ihnen aufgenommenen Meßgrößen nahezu punktförmig erfasst werden.

Sechs dieser Meßkopfguppen sind über die 2-Draht-Linie an die Meßwerterfassungseinheit angeschlossen. Somit werden 36 analoge Meßgrößen von einem Datensammelsystem erfasst und registriert.

In der Meßwerterfassungseinheit übernimmt eine mikroprozessorbestückte Linienanschaltbaugruppe PSU (Puls-Seriell-Umsetzerbaugruppe) die sekundliche Abfrage der 36 Meßgrößen. Die pulsphasenmodulierten Antwortstromimpulse der Meßköpfe werden auf der PSU mit einem 14-Bit-Digitalzähler in Mikrosekundenschritten aufgelöst und im RAM zwischengespeichert. Am Ende des sekundlichen Meßzyklus, falls die Prüfung der Anzahl der Stromimpulse positiv ist, werden die ermittelten Meßwerte als serielles Datentelegramm an die Registriereinheit ausgegeben. Tabelle 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau des seriellen Datentelegramms.

```
Startzeichen  
Datenartzeichen  
Telegrammlänge  
1. Meßgröße (Lowbyte)  
1. Meßgröße (Highbyte)  
...  
36. Meßgröße (Lowbyte)  
36. Meßgröße (Highbyte)  
Endezeichen
```

Tabelle 3: Das sekundliche serielle Datentelegramm  
(Asynchrone Übertragung mit 2400 bit/s)



#### 4. Registriereinheit

Die Aufgabe der Registriereinheit ist, das serielle Datentelegramm von der Meßwerterfassungseinheit zu empfangen, eine menügeführte Benutzerschnittstelle bereitzustellen und die Meßwerte parametrisiert zu speichern.

Die Registriereinheit besteht aus den folgenden Hardwarekomponenten :

- Personalcomputer (XT- oder AT-kompatibel)
- Festplatte 20 MByte
- Diskettenlaufwerk 360 kByte bzw. 1,2 MByte
- Arbeitsspeicher (RAM) 640 kByte
- Echtzeituhr (batteriegepuffert)
- Serielle Schnittstelle (V.24 / RS 232)
- Tastatur
- Bildschirm (monochrom oder Farbe)
- Grafikkarte (CGA, Hercules oder EGA)
- Wechselspeicher 20 MByte

Die Voraussetzungen für die Software zum Betrieb der Registriereinheit sind:

- Betriebssystem MS-DOS ab Version 2.0
- Speziell für die Meßaufgabe entwickeltes Datensammelprogramm

#### 4.1 Datensammelprogramm

Das Datensammelprogramm erlaubt dem Benutzer Messungen zu starten und zu beenden, die Erfassungs- und Abspeicherparameter im Datenregistriergerät menügeführt zu verändern und Zwischenergebnisse sowie Zustandsdarstellungen auf dem Bildschirm anzuzeigen.

Das Datensammelprogramm ist so angelegt, daß der Benutzer zum Starten einer Messung keine Parameter eingeben oder ändern muß. Die zum Betrieb notwendigen Erfassungs-, Abspeicherungs- und sonstigen Systemparameter werden aus einer Anfangswerte-Datei eingesetzt, die die bei der letzten Messung verwendeten Parameter enthält.

Eingaben an das Datensammelprogramm zur Parameteränderung sind durch Codewort blockiert. Nur der autorisierte Benutzer kann Parameter ändern. Jede Eingabe wird in einer Datei auf der Festplatte (Benutzer-Datei) gespeichert. Parametereingaben werden in die Anfangswerte-Datei eingetragen und dienen als Startwerte für die nächste Messung.

Nach Programmstart erscheint auf dem PC-Bildschirm eine Konfiguration der an die Meßwerterfassungseinheit angeschlossenen Meßköpfe.

Das Konfigurationsmenü ist unterteilt nach

- dem Einbauplatz des Meßkopfs auf der Linie,
- dem Meßkopftyp (I-MK, O-MK, FT-MK, LT-MK) und
- dem individuellen Bemerkungsfeld, in das der Benutzer die Seriennummer des Meßkopfs eintragen kann.

Mit diesem Schema ist jeder eingesetzte Meßkopf sowohl organisatorisch als auch datentechnisch identifizierbar. Der Benutzer bestätigt oder korrigiert die vorgeschlagenen Angaben, die daraufhin in die Anfangswerte-Datei übernommen werden.

Mit der Empfangsroutine des Datensammelprogramms werden die sekundlich einlaufenden Meßwerttelegramme von der V.24/RS 232-Schnittstelle interruptgesteuert erfaßt und in einem Eingabe-Ringpuffer zur weiteren Verarbeitung abgelegt.

Für jeden Meßkopf ist eine "Obere" und eine "Untere" Aufzeichnungsschwelle vorgesehen. Die Schwellen "schwimmen" auf bzw. unter dem Ruhewert des jeweiligen Meßkopfes, d.h. dem gleitenden Mittelwert der Meßwerte. Die Abspeicherung aller 36 Meßgrößen beginnt, sobald mindestens eine Meßgröße ihre Obere Aufzeichnungsschwelle überschritten oder ihre Untere Aufzeichnungsschwelle unterschritten hat, d.h. diese Meßgröße ist im Ereignisbereich. Die Abspeicherung endet, wenn keine der 36 Meßgrößen ihre Obere Aufzeichnungsschwelle überschritten und ihre Untere Aufzeichnungsschwelle unterschritten hat, d.h. alle Meßgrößen sind im Ruhebereich. Ein vom Benutzer veränderbarer Parameter gestattet die Abspeicherung der Meßdaten vor dem Eintritt in den Ereignisbereich. Mit dieser Pre-Triggerung kann das Einschwingverhalten der Meßgrößen festgehalten werden. Ein zweiter Parameter gestattet die weitere Abspeicherung der Meßwerte, nachdem alle Meßgrößen in den Ruhebereich eingetreten sind. Damit kann das Ausklingen der Meßgrößen gespeichert werden. Wird die Obere oder Untere Aufzeichnungsschwelle bei mindestens einer Meßgröße auf Null gesetzt, führt diese Einstellung zu einer kontinuierlichen Meßwertaufzeichnung aller 36 Meßgrößen. Die Messungsdauer beträgt dann mit der eingebauten 20-MByte Festplatte 80 Stunden.

Während einer Messung kann jederzeit und ohne die laufende Messung zu beeinflussen eine Übersicht des Zustands des Meßprogramms und aktuelle Meßwerte wie

- Startdatum und Dauer der Messung,
- Angabe des schon mit Meßdaten belegten Speicherplatzes
- Angabe des noch freien Speicherplatzes,
- eingestellte Aufzeichnungsschwellen,
- Überblick über vergangene Aktivität der Meßköpfe  
(= Anzahl der abgespeicherten Ereignisse)
- aktueller Meßwert jedes Meßkopfes in Echtzeit

auf dem Bildschirm abgerufen werden.

Die Datenaufzeichnung wird beendet, wenn entweder der verfügbare Speicherbereich auf der Festplatte erschöpft ist (automatisches Beenden) oder der Benutzer den Endebefehl eingegeben hat (manuelles Beenden). In beiden Fällen werden die gesammelten Daten daraufhin automatisch auf das angeschlossene Wechselspeicher-Medium kopiert.

Mit dem Datensammlsystem werden folgende Dateien erzeugt :

- Meßwert-Datei : Meßwerte aller 36 Meßköpfe,  
blockorientiert in Datenblöcken zu ca.  
4 kByte mit Datum und Uhrzeit
- Index-Datei : Inhaltsverzeichnis der Meßwert-Datei
- Ruhewert-Datei : periodisch abgespeicherte Mittelwerte  
der Meßwerte aller Meßköpfe
- Standardabweichung-Datei : periodisch abgespeicherte  
Standardabweichung der Meßwerte aller  
Meßköpfe
- Benutzer-Datei : Eingaben des Benutzers an das System  
mit Datum und Uhrzeit
- Störungs-Datei : Störungsmeldungen des Systems mit  
Datum und Uhrzeit
- Anfangswerte-Datei : aktuelle Systemparameter der  
laufenden Messung

## 5. Schlußbemerkung

Die Einsatzmöglichkeiten des vorgestellten Meßwerterfassungs- und Registrierungs-systems ergeben sich nicht nur in der Industrie und Forschungsinstituten bei der Entwicklung von automatischen Brandmeldern und Brandentdeckungs-algorithmen, sondern auch bei Instituten, die mit der Prüfung von Brandmeldern betraut sind.

Im Rahmen des o.g. Forschungsprojektes sind sechs Datensammelsysteme in verschiedenen, für die Installation automatischer Brandmeldeanlagen typischen, Umgebungen in Betrieb. Zwei weitere Datensammelsysteme werden zur Meßwertaufzeichnung bei Brandversuchen eingesetzt.

Zur Veranschaulichung der Möglichkeiten, die der Einsatz des beschriebenen Meßwerterfassungs- und Registrierungs-systems für eine Off-Line-Auswertung der gesammelten Brandkenngrößen und Umgebungsindikatoren bietet, sind im Anhang als Beispiel die Meßgrößenverläufe je einer Meßkopfgruppe aus zwei unterschiedlichen Umgebungen dargestellt.

Die Zeitachse ist blocklinear geteilt. Ein Block enthält die 60 aufeinanderfolgenden Meßwerte einer Minute. Zwischen aufeinanderfolgenden Blöcken können zeitliche Aufzeichnungslücken vorkommen. Für einen ungefähren Zeitbezug der Meßwerte dienen die eingeblendeten Stundenmarken (SM). Sie verlaufen treppenförmig oberhalb der Zeitachse und sind in der Vertikalen von 0 bis 23 skaliert. Ihre horizontale Länge entspricht der Dauer einer Stunde.

Bild A1 zeigt einen Meßwerte-Ausschnitt von 524 Blöcken aus einem Besprechungszimmer (BZ), in das nach einer anfänglichen Ruhephase eine Personengruppe eintritt, zeitweise raucht, zwischendurch lüftet und etwa in der Bildmitte den Raum wieder verläßt.

Bild A2 zeigt über einen Zeitraum von etwa 60 Stunden das Geschehen in einer Tiefgarage. Die Meßkopfgruppe ist dabei über Stellplätzen angeordnet.

Literatur

- /1/ Luck, H. Technologische Trends in der Gefahrenmelde-  
technik der 90er Jahre  
ZVEI-Seminar Gefahrenmeldetechnik anlässlich  
der SECURITY 88 - 8. Internationale  
Sicherheits-Fachmesse, Essen, Okt. 1988  
(Veröffentlichung der Fachvorträge)
- /2/ v.Tomkewitsch, R. Das Pulsmelde-System - ein Brandmelde-  
system mit zentraler Meßwertverarbeitung  
TÜ - Technische Überwachung, Heft 2, 1983  
VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf
- /3/ v.Tomkewitsch, R. Fire Detector Systems with  
"Distributed Intelligence"  
The Pulse Polling System  
Fire Safety Journal, 6(1983) No.3,p.225-231
- /4/ Gilson, H.H. Meßkammer nach dem Kleinionen-anlagerungs-  
Hosemann, J.P. prinzip zum quantitativen Nachweis von  
Aerosolpartikeln,  
Theorie und praktische Ausführung  
Forschungsbericht des Landes Nordrhein-  
Westfalen Nr. 2336, Westdeutscher  
Verlag, Köln und Opladen, 1973
- /5/ Meyer, G. Ein mathematisches Modell für Ionisations-  
rauchmelder  
Tagungsbericht zur 8. AUBE 1982, Duisburg
- /6/ Luck, H. The principle of the ionization chamber in  
Bernigau, N. aerosol measurement techniques - a review  
Tagungsband "Aerosols in Science Medicine  
and Technology" der GAeF, 1985
- /7/ Tinkl, W. Brandkenngrößen analog gemessen und analog  
übertragen

Anhang

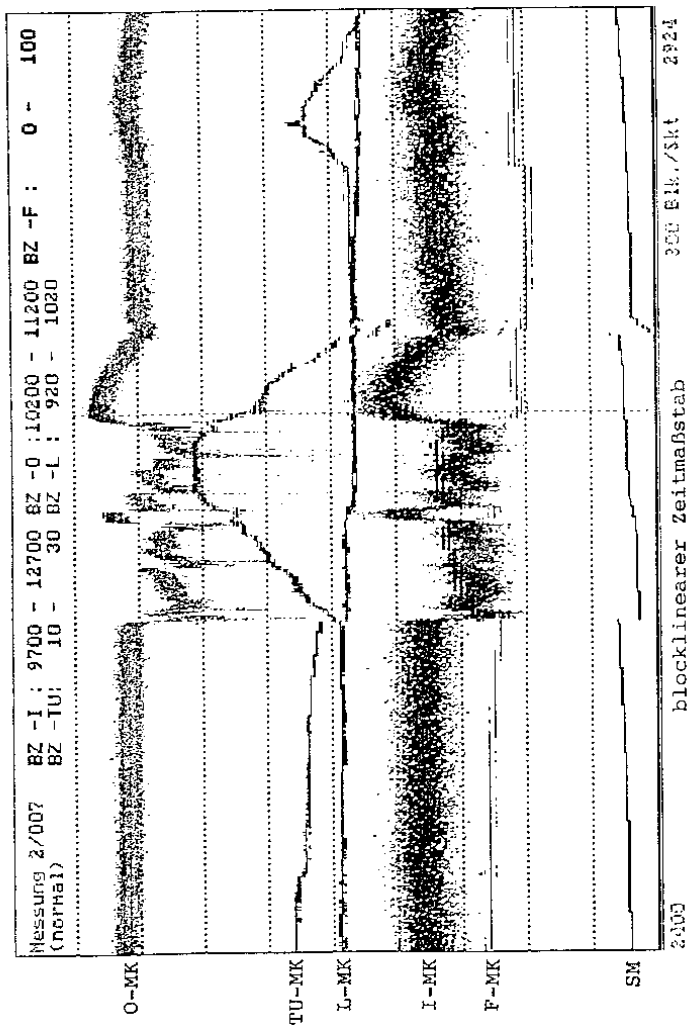


Bild A1 : Meßkopfgruppe in einem Besprechungszimmer  
(SM = Stundenmarke 0 bis 23)

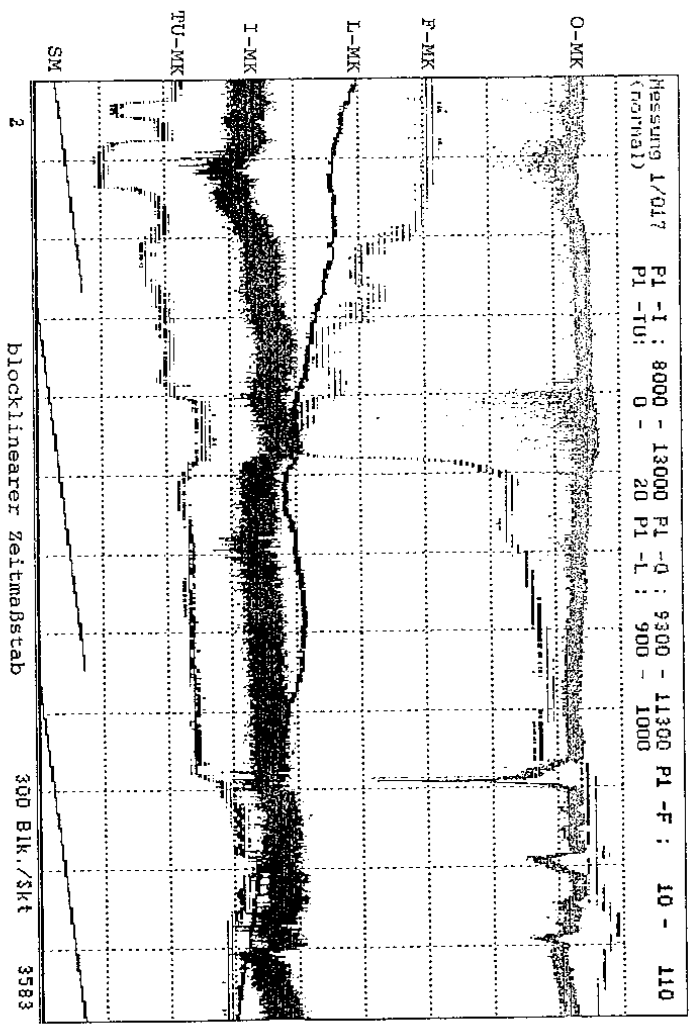


Bild A2 : Meßkopfgruppe in einer Tiefgarage  
(SM = Stundenmarke 0 bis 23)



J. Klose

Universität Duisburg, Duisburg, Bundesrepublik Deutschland

## Analyse und Simulation von Brandkenngrößenverläufen

### 1. Einleitung

Eine wichtige Aufgabe in der automatischen Brandentdeckung ist die Entwicklung und der Test von Algorithmen zur besseren Unterscheidung der Ereignisse "Brand" und "Nichtbrand".

Zur Entscheidungsfindung werden Brandkenngrößen herangezogen, die mittels Meßtechnik aufgenommen, in eine Folge zeitabhängiger elektrischer Signale  $x(n)$  umgewandelt und mit Hilfe eines Detektors dem Ereignis "Brand" oder "Nichtbrand" zugeordnet werden.

Allgemein läßt sich jeder Branddetektor durch eine Transformation des Meßgrößenverlaufs  $T\{x(n)\}$  der zugehörigen Brandkenngröße in die Kenngröße  $y(n)$  beschreiben, die eine bessere Unterscheidung der Ereignisse "Brand" und "Nichtbrand" ermöglichen soll. Im allgemeinen handelt es sich bei solchen Transformationen um gedächtnisbehaftete Abbildungen, also Abbildungen, die zur Ermittlung von  $y(n)$  auch auf vergangene Werte  $x(n-i)$  (mit  $i > 0$ ) zurückgreifen. Dabei gilt ein Detektor als umso besser, je schneller und sicherer das Ereignis "Brand", bei möglichst geringer Falschalarmanfälligkeit detektiert wird.

Naturgemäß handelt es sich bei Brandkenngrößen um zeitlich korrelierte Zufallsprozesse, die hinsichtlich ihrer statistischen Eigenschaften zeitvariant sind. Um Aussagen hinsichtlich Detektions- und Falschalarmverhalten von Detektionsalgorithmen machen zu können, ist entweder die vollständige Kenntnis aller beteilig-

ten Zufallsprozesse oder eine Simulation, basierend auf einer mathematischen Modellbildung der Meßgrößenverläufe und Anwendung des Algorithmus erforderlich. Aufgrund der vielfältigen zeitabhängigen Einflußgrößen ist eine analytische Beschreibung nicht praktikabel. Daher wird zur Lösung des Problems eine Simulationsmethodik vorgestellt, die auf der Grundlage von im Feld registrierten Meßgrößenverläufen nach geeigneter Analyse Aussagen über das Verhalten eines zu testenden Detektors im Brand- wie im Nichtbrandfall zuläßt.

Während die Detektionseigenschaft, bei Voraussetzung der notwendigen Einrichtungen zur Durchführung von Testbränden, in praktikabler Zeit ermittelt werden kann, erfordert die Bestimmung des Falschalarmverhaltens einen jahrelangen Einsatz des zu testenden Detektors unter Nichtbrandbedingung. Dieser Zeitaufwand läßt sich reduzieren, indem man Brandkenngößen über einen langen Zeitraum kontinuierlich aufzeichnet, unter Zugrundelegung eines mathematischen Modells analysiert, simuliert und auf den zu testenden Detektionsalgorithmus anwendet. Durch Einsatz modernster Rechnertechnik lassen sich Zeitraffungen in der Größenordnung 1000 bis 10000 erzielen. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß nicht nur ein bestimmter Detektor sondern beliebig viele Detektoren untersucht werden können. Wenn man im Mittel 1000 Falschalarme fordert, um statistisch signifikante Aussagen über das Falschalarmverhalten machen zu können und man davon ausgeht, daß im Mittel mit nur wenigen Falschalarmen in 10 Jahren zu rechnen ist, erfordert dies unter Umständen eine Simulationszeit von immer noch einigen Jahren. Mit dem Ziel diese Simulationszeit auf wenige Stunden zu reduzieren wird sich die hier vorgeschlagene Simulationsmethodik auf die stückweise Analyse und Synthese solcher zeitlich begrenzter Meßgrößenverläufe beschränken, die nach Anwendung von Detektionsalgorithmen Falschalarme auslösen könnten.

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Forschung und Technologie geförderten Forschungsprojektes ist in Zusammenarbeit mit der SIEMENS AG in München eine Meßtechnik entwickelt worden, die die Aufnahme der Verläufe der zugehörigen Brandkenngößen "Rauchdichte", gemessen mit einer Meß-Ionisationskammer und einem optischen Streulichtmeßkopf, "Temperatur" sowie der eingeführten Kontrollgrößen "relative Luftfeuchtigkeit" und "absoluter Luftdruck" in sekundlichem Abstand erlaubt. Es wurden 8 sogenannte Datensammelanlagen im Feld zur Aufnahme typischer Nichtbrandbedingungen sowie in

Brandlaboratorien zur Aufnahme normierter Testbrände installiert. Im folgenden wird eine Brandkenngröße als falschalarmrelevant bezeichnet, wenn ihr Meßwert zu einem beliebigen Zeitpunkt ein eng gesetztes Toleranzintervall verläßt. Dieses Toleranzintervall besitzt für jede Messung individuell für jede Meßgröße eine konstante Wertebreite und wird mit einer Zeitkonstanten, die im Bereich von wenigen Stunden bis 1 Tag liegt, nachgeführt. Bei Registrierung einer falschalarmrelevanten Situation durch einen beliebigen Meßkopf wird eine Aufzeichnung für alle Meßgrößen ausgelöst, die, sobald der Meßwert des auslösenden Meßkopfes wieder innerhalb des Toleranzintervalls liegt, beendet wird. Ergänzt werden die so registrierten Meßgrößenverlaufsstücke durch die Verläufe, die unmittelbar vor dem Start der Aufzeichnung sowie die Verläufe, die unmittelbar nach Beendigung der Aufzeichnung, registriert wurden.

Als Grundlage für eine Simulation wird für den Brand- und den Nichtbrandfall ein mathematisches Modell vorgestellt, daß die zeitabhängigen statistischen Eigenschaften der beteiligten Zufallsprozesse durch Berechnung der Parameter eines zeitvarianten linearen Filters auf der Basis der minimalen Fehlerquadratschätzung beschreibt. Mit Hilfe dieses Modells erhält man zeitabhängige Parametertrajektorien, die es erlauben, beliebig viele Probenfunktionen mit gleichen statistischen Eigenschaften zu generieren, die dem analysierten Meßgrößenverlauf ähnlich sind. Alle so generierten Probenfunktionen besitzen die Eigenschaft, daß sie im Detail unterschiedlich, in den untersuchten statistischen Eigenschaften jedoch gleich sind. Unter der Hypothese, daß man durch Feldmessungen innerhalb von wenigen Jahren die meisten falschalarmrelevanten Standardsituationen erfaßt, erlaubt die Simulation auf der Basis dieses Modells die Synthese von Meßgrößenverläufen, die unter Umständen erst nach jahrzehntelangen Feldmessungen registriert werden würden.

Es wird eine Möglichkeit der Datenreduktion vorgestellt, die es erlaubt, Meßgrößenverläufe für den Nichtbrandfall mit möglichst wenigen Parametern zu beschreiben, ohne damit die Güte der Simulation wesentlich zu beeinträchtigen.

Mit Hilfe eines aufgebauten Multiprozessor-Detektormeßplatzes wird beispielhaft für einen bestimmten Detektionsalgorithmus eine Simulation zur Erlangung von Kenntnissen über das Detektions- und Falschalarmverhalten durchgeführt und die Ergebnisse vorgestellt.

## 2. Mathematisches Modell

Im Brandfall registrierte Meßgrößenverläufe (Bild1) werden im folgenden in einen schnell und einen langsam veränderlichen Anteil aufgeteilt. Während bei den Meßgrößenverläufen der Meß-Ionisationskammer und des optischen Streulichtmeßkopfes der langsam veränderliche Anteil im Laufe eines Brandversuchs eindeutig zu niedrigeren Meßwerten hin tendiert, ist bei der Kenngröße des Temperatur-Meßkopfes ein eindeutig positiver Trend festzustellen. Bei Betrachtung des schnell veränderlichen Anteils erkennt man in der Regel ein starkes Ansteigen der Meßwertstreuung mit der Versuchsdauer, die zum Ende des Versuchs hin wieder leicht rückgängig ist.

Die im Nichtbrandfall registrierten Meßgrößenverläufe typischer Falschalarmsituationen (Bild 2) werden ebenfalls in einen schnell und einen langsam veränderlichen Anteil aufgeteilt. Typische registrierte Falschalarmsituationen sind z.B. Impulse hoher Amplitude und Meßgrößenverläufe deren langsam veränderlicher Anteil eine Zeitkonstante hat, die viel kleiner ist als die Nachführzeitkonstante des Toleranzintervalls.

Bild 2 zeigt außerdem die 2 eingeführten Kontrollgrößen absoluter Luftdruck und relative Luftfeuchtigkeit, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen werden soll.

Um Detektionsalgorithmen entwickeln und testen zu können, werden folgende Anforderungen an das Analyse- und Synthesemodell gestellt:

- A1. Berücksichtigung des instationären stochastischen Charakters von Brandkenngrößen.
- A2. Einbindung des schnell- und des langsam veränderlichen Anteils in das Analyse- und Synthesemodell.

Bei der Simulation vieler zeitbegrenzter Meßgrößenverläufe und deren Anwendung auf zu testende Detektionsalgorithmen, ist die Vorgeschichte der in der Regel gedächtnisbehafteten Detektionsalgorithmen zu berücksichtigen. Man erhält die zusätzliche Anforderung

A3. Geeignete Berücksichtigung der "Vorgeschichte" der zu testenden Detektionsalgorithmen.

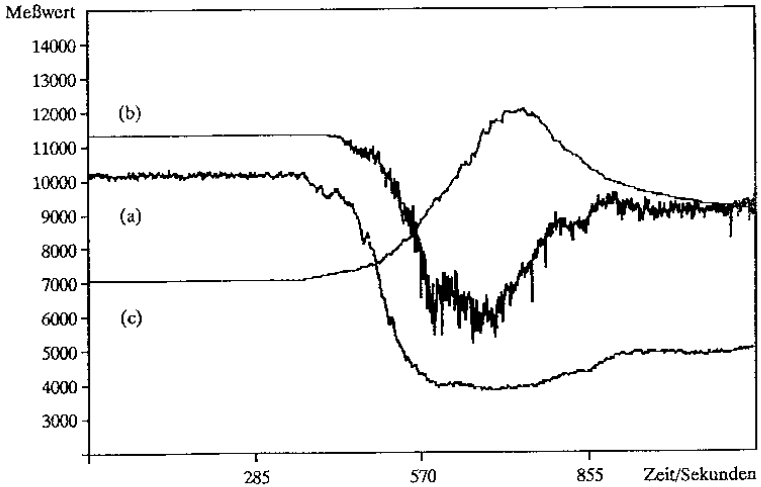


Bild 1 Meßgrößenverlauf der zugehörigen Brandkenngröße Rauchdichte, gemessen mit einer Meß-Ionisationskammer (a), gemessen mit einem optischen Streulichtmeßkopf (b) und Meßgrößenverlauf der zugehörigen Brandkenngröße Temperatur (c), aufgenommen für einen offenen Holzbrand (Testfeuer 1 nach EN 54 [4]) (Darstellung in willkürlichen Einheiten)

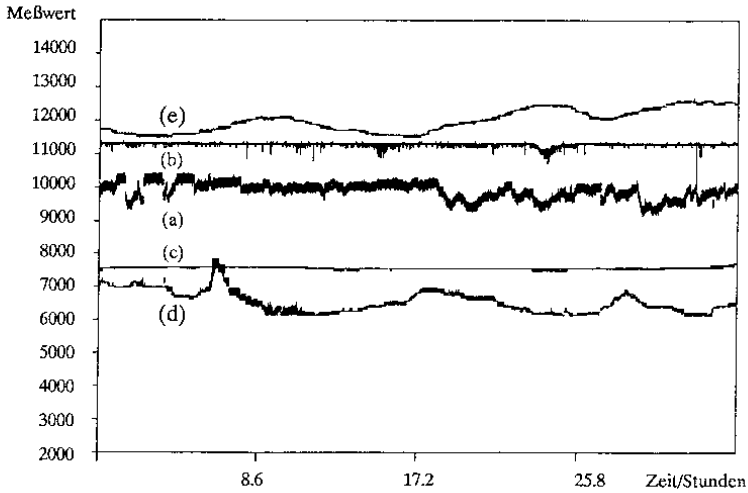


Bild 2 Meßgrößenverlauf der zugehörigen Brandkenngröße Rauchdichte, gemessen mit einer Meß-Ionisationskammer (a), gemessen mit einem optischen Streulichtmeßkopf (b) und Meßgrößenverlauf der zugehörigen Brandkenngröße Temperatur (c), die Kontrollgrößen relative Luftfeuchtigkeit (d) und absoluter Luftdruck (e), aufgenommen unter Nichtbrandbedingung über 7 Tage (zeitliche Aufzeichnungslücken sind nicht berücksichtigt, Darstellung in willkürlichen Einheiten)

## 2.1 Analyse- und Synthesemodell

Bei dem zugrundegelegten Modell für Brandkenngrößen handelt es sich um ein autoregressives Filter (AR-Filter) mit zeitvarianten Koeffizienten, das durch die Filterkoeffizienten  $a_1(n), \dots, a_p(n)$  (Bild 3) oder durch die sog. Ladderform, beschrieben durch die Reflexionskoeffizienten  $K_1^f(n), \dots, K_p^f(n)$  und  $K_1^b(n), \dots, K_p^b(n)$  (Bild 4), bestimmt wird. Beide Darstellungsformen sind äquivalent und erlauben die Berechnung eines Schätzwertes für das Kurzzeitspektrum einer zeitlich begrenzten stationären Wertefolge. Diese Modellierung liefert neben der Analysevorschrift ein Verfahren zur Synthese von Wertefolgen mit ähnlichen statistischen Eigenschaften, wie sie die analysierte Eingangswertefolge aufweist. Es wird ein Schätzwert für den aktuellen Abtastwert  $x(n)$  nach Subtraktion des Mittelwertes auf der Basis vergangener Abtastwerte gemäß der Vorschrift

$$\hat{x}(n) = \sum_{i=1}^p a_i(n) x(n-i) \quad (2.1.1)$$

gebildet, wobei  $p$  für die Filterordnung steht.

Nach Bildung der Differenz aus Original- und Schätzwertefolge erhält man am Ausgang des Analysefilters den Schätzfehler zum Zeitpunkt  $n$

$$e(n) = x(n) - \hat{x}(n) \quad (2.2.2)$$

der durch Wahl des Koeffizientenvektors  $\mathbf{a}^T(n) = (a_1(n), a_2(n), \dots, a_p(n))$  im quadratischen Mittel minimiert wird. Aufgrund der dekorrelierenden Wirkung des Analysefilters ist die Schätzfehlerfolge  $\{e(n)\}$  näherungsweise unkorreliert und wie Erfahrungen zeigen auch näherungsweise gaußförmig. Unter Annahme der Gaußförmigkeit läßt sich  $\{e(n)\}$  durch die gaußförmige Wertefolge  $\{\hat{e}(n)\}$  mit Mittelwert 0 und Varianz  $\sigma^2$  beschreiben.  $\sigma^2$  wird aus  $\{\hat{e}(n)\}$  berechnet.

Aus der gesamten, im Vektor  $\mathbf{X} = (x(1), x(2), \dots, x(n), \dots, x(L_{\text{tot}}))$  zusammengefaßten Wertefolge wird durch Fensterung mit einem laufend nachgeführten Rechteckfenster der Länge  $L$  mit  $L < L_{\text{tot}}$  ein Beobachtungsvektor  $\mathbf{x}^T(n) = (x(n), x(n-1), \dots, x(n-L))$ , bestehend aus dem aktuellen und den  $L$  vergangenen Abtastwerten, zu jedem Zeitpunkt  $n$  gebildet. Auf der Basis der Beobachtungsvektoren  $\mathbf{x}(n), \mathbf{x}(n-1), \dots$  wird unter Anwendung des "Geteilten generalisierten LeRoux-Gueguen Ladder Algorithmus für minimale mittlere quadratische Fehler-Probleme" das Optimierungsproblem für jedes  $n$  ( $n = 1, \dots, L_{\text{tot}}$ ) gelöst.

Dieses Verfahren, das in [1] ausführlich vorgestellt wird, gehört zu den ordnungsrekursiven und zeichnet sich durch seine numerische Genauigkeit und seine Stabilität gegenüber herkömmlichen zeitrekursiven Verfahren aus. Es wird im Anhang kurz skizziert.

Zusammenfassend erhält man den Parametervektor  $(\mathbf{a}^T(n), EE(n,n)) = (a_1(n), a_2(n), \dots, a_p(n), EE(n,n))$ , der das AR-Filter zum Zeitpunkt  $n$  beschreibt. Dabei gibt  $EE(n,n)$  die Energie des Schätzfehlers zum Analysezeitpunkt  $n$  an. Nach Analyse der gesamten Wertefolge erhält man  $L_{\text{tot}}$  Parametervektoren, die zusammengefaßt eine Schar von Parametertrajektorien ergeben.

Basierend auf den ermittelten Parametertrajektorien wird mit Hilfe der Simulationsvorschrift

$$\hat{\mathbf{x}}(n) = \sum_{i=1}^p a_i \hat{\mathbf{x}}(n-i) + \hat{\mathbf{e}}(n) \quad (2.1.3)$$

die Synthese von Meßgrößenverläufen mit ähnlichen zeitabhängigen statistischen Eigenschaften ermöglicht, wie sie der analysierte Meßgrößenverlauf aufweist (Bild 3 unten).



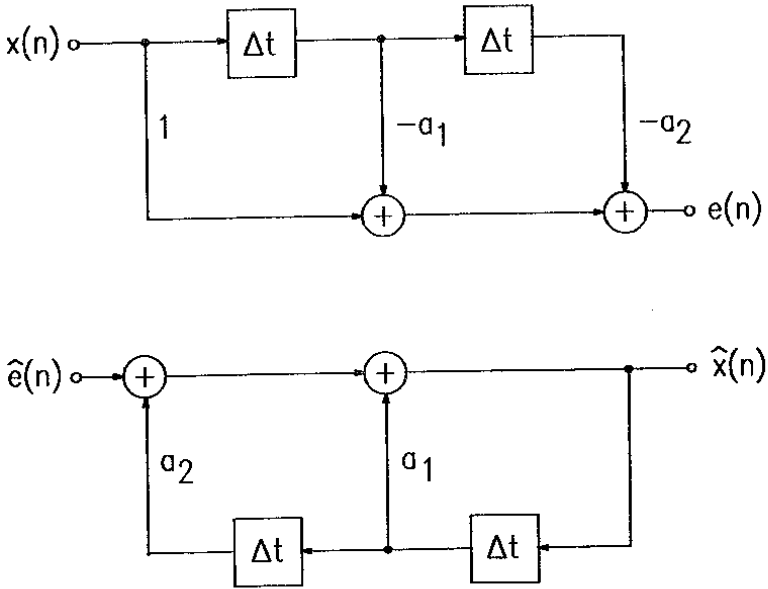


Bild 3 Analyse- (oben) und Synthesefilter (unten) als FIR- und IIR- Filterstruktur für Filterordnung 2

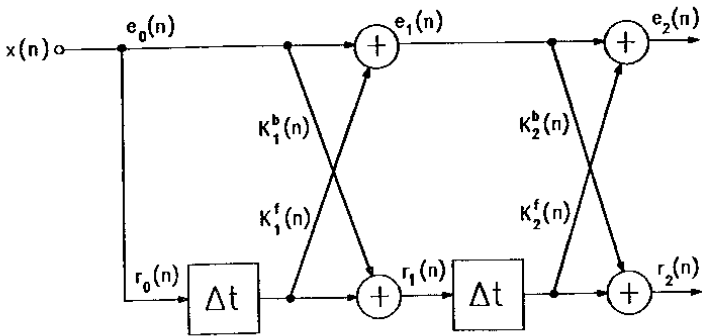


Bild 4 Analysefilter als Ladder-Struktur für Filterordnung 2

## 2.2 Erweiterung der Modelle

Wie man aus den Bildern 1 und 2 erkennen kann, besitzen die Meßgrößenverläufe für Brandkenngrößen die Eigenschaft, daß sie einen langsam veränderlichen Anteil besitzen, deren Amplitude sehr groß gegenüber der des Wechselanteils ist. Für den Brandfall kommt hinzu, daß sogar bei kurzen Beobachtungsvektoren Instationaritäten auftreten können. Um diese Eigenarten berücksichtigen zu können wird dem in Kapitel 2.1 vorgestellten Analyseverfahren eine Vorverarbeitung vorgestellt, die für den Brand- und den Nichtbrandfall unterschiedlich ist.

Bei der Vorverarbeitung für den **Nichtbrandfall** wird folgende Eigenschaft genutzt:

Der Mittelwert  $\bar{x}$  kann über den gesamten zu analysierenden Zeitausschnitt der Länge  $L_{tot}$  in guter Näherung als konstant betrachtet werden. Er wird als Zeitmittelwert des Vektors  $\mathbf{X} = (x(1), x(2), \dots, x(n), \dots, x(L_{tot}))$  angegeben.

Nach Bildung von

$$x(n) = x(n) - \bar{x} \quad (2.2.1)$$

und Anwendung des Analysemodells (Bild 5 oben) auf die Größe  $x(n)$  erhält man eine Schar kennzeichnender Parametertrajektorien  $\{\{a^T(n), EE(n,n)\}, n = 1, \dots, L_{tot}\}$ . Basierend auf diesen Analyseergebnissen lassen sich mit Hilfe der Vorschrift

$$\hat{x}(n) = \sum_{i=1}^p a_i(n) \hat{x}(n-i) + \hat{e}(n) \quad (2.2.2)$$

Schätzwerte von  $x(n)$  generieren (Bild 5 unten).

Nach anschließender Addition des Mittelwertes erhält man den Schätzwert

$$\widehat{x}(n) = \widehat{x}(n) + \bar{x} \tag{2.2.3}$$

der für  $n = 1, \dots, L_{\text{tot}}$  berechnet und zusammengefaßt einen möglichen simulierten Meßgrößenverlauf ergibt.

Bei der Vorverarbeitung für den **Brandfall** wird folgende Eigenschaft genutzt:

Nach Bildung der Differenz

$$z(n) = x(n) - x(n-1) \tag{2.2.4}$$

kann der Zeitmittelwert  $\bar{z}(n)$  der Differenzenwertefolge  $\{z(n)\}$  näherungsweise als konstant und nahe Null über der Analysefensterlänge  $L$  angenommen werden, solange  $L$  nicht zu groß gewählt wird.

Auf diese Weise wird der Gleichanteil  $\bar{x}(n)$ , der wesentlich größer ist als die Standardabweichung von  $x(n)$ , eliminiert.  $z(n)$  besitzt einen sehr geringen Gleichanteil verglichen mit seiner Standardabweichung. Damit ist aufgrund der vorausgesetzten Stationarität innerhalb des Analysefensters bei Anwendung des Analyseverfahrens auf  $z(n)$  ein besseres Ergebnis zu erwarten.

Nach Subtraktion des Mittelwertes  $\bar{z}(n)$  von  $z(n)$  erhält man die Größe

$$z(n) = z(n) - \bar{z}(n) \tag{2.2.5}$$

auf die das Analyseverfahren angewendet wird.

Da der Wert  $\bar{z}(n)$  bei der Synthese zu jedem Zeitpunkt  $n$  bekannt sein muß, wird er in den Parametervektor aufgenommen, und man erhält die den Brandfall charakterisierende Schar von Parametervektoren  $\{\{a^T(n), EE(n,n), \bar{z}(n)\}, n = 1, \dots, L_{\text{tot}}\}$ . Bild 6 oben gibt die Zusammenhänge grafisch wieder.

Im ersten Syntheseschritt wird ein Schätzwert  $\widehat{z}(n)$  gemäß der Synthesevorschrift

$$\widehat{z}(n) = \sum_{i=1}^p a_i(n) \widehat{z}(n-i) + \widehat{e}(n) \tag{2.2.6}$$

gebildet.

Zur Berechnung eines Schätzwertes  $\hat{x}(n)$  für die Größe  $x(n)$  ist aufgrund der Differenzenwertbildung vor der Analyse eine Aufsummation bei der Synthese notwendig, die in rekursiver Form gemäß

$$\hat{x}(n) = \hat{x}(n-1) + \hat{z}(n) \quad (2.2.7)$$

gebildet wird. Da diese Form der Aufsummation nur bedingt stabil ist, wird die Konstante  $b$  ( $0 < b < 1$ ) eingeführt und die gewichtete Aufsummation gemäß

$$\hat{x}(n) = b\hat{x}(n-1) + \hat{z}(n) \quad (2.2.8)$$

definiert. Mit  $b$  im Bereich  $0 < b < 1$  entspricht dies einer Aufsummation der exponentiell gewichteten vergangenen Schätzwerte  $\hat{x}(n-i)$  ( $i=1, \dots, L$ ) mit der Zeitkonstanten  $\tau = -1/\ln(b)$ . Dabei gilt, je größer  $b$ , desto größer der Einfluß vergangener Werte auf die Bildung des gegenwärtigen Schätzwertes  $\hat{x}(n)$ .

Die Einführung der Konstanten  $b$  bewirkt eine Verfälschung der synthetisierten Meßwertfolge im niederfrequenten Bereich. Diese nimmt mit steigendem  $b$  ab und verschwindet für  $b = 1$ . Da für  $b = 1$  die Synthese bestmöglich, aber instabil wird, ist ein geeigneter Wert für  $b$  zu bestimmen, der möglichst gute stabile Schätzwerte liefert. Gute Syntheseergebnisse erhält man für  $0.6 < b < 0.7$ .

Nach Hinzufügen des Mittelwertes  $\bar{x}(n)$ , der gemäß der Vorschrift

$$\bar{x}(n) = \bar{x}(n-1) + \bar{z}(n) \quad (2.2.9)$$

gebildet wird, erhält man den Schätzwert

$$\hat{x}(n) = \hat{x}(n) + \bar{x}(n). \quad (2.2.10)$$

(Bild 6 unten).

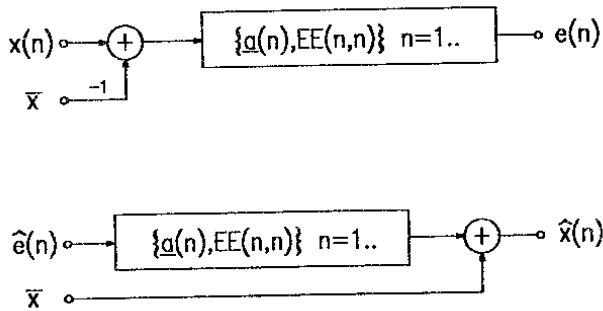


Bild 5 Analyse- (oben) und Synthesemodell (unten) für den Nichtbrandfall

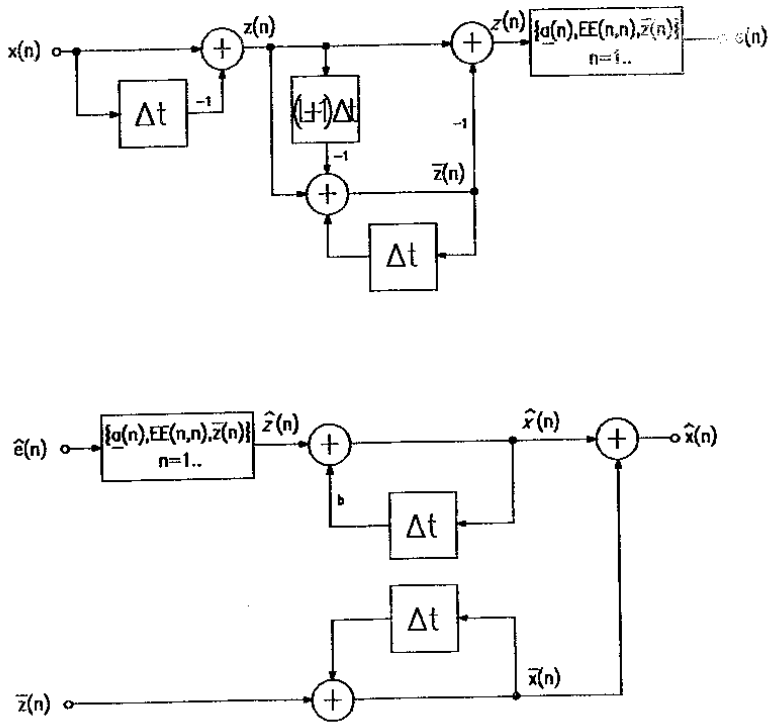


Bild 6 Analyse- (oben) und Synthesemodell (unten) für den Brandfall

### 2.3 Ergebnisse

In den Bildern 7 und 8 sind Analyse- und Syntheseresultate von Meßgrößenverläufen der zugehörigen Brandkenngröße Rauchdichte, einmal gemessen mit der Meß-Ionisationskammer und einmal gemessen mit dem optischen Streulichtmeßkopf für Testfeuer 1 (offener Holzbrand nach EN 54 [4]) zusammengefaßt. Gezeigt werden je 2 synthetisierte Verläufe im Vergleich zum Original. Eine visuelle Begutachtung zeigt die Ähnlichkeit im Gesamtverlauf als auch die Unterschiede im Detail, die aufgrund des stochastischen Charakters des Modells zu erwarten und beabsichtigt sind. Durch die begrenzte Fensterlänge wird eine leichte zeitliche Verschiebung des Syntheseresultates gegenüber dem zugehörigen Original um etwas weniger als eine Fensterlänge bewirkt. Bild 9 zeigt die kennzeichnenden Parametertrajektorien des in Bild 8 dargestellten Originalverlaufs ohne die Mittelwerttrajektorie  $\{z(n), n = 1, \dots, L\}$ , auf deren Darstellung aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet wurde. Durch Normierung der Schätzfehlerenergie  $EE(n, n)$  auf die Energie des analysierten Signals erhält man die normierte Schätzfehlerenergie  $EE(n, n)_{\text{norm}}$ . Für die Analyse der ersten  $L$  (Fensterlänge) Abtastwerte wird das Analyseergebnis zum Zeitpunkt  $n = L$  angesetzt, da erst zu diesem Zeitpunkt der gesamte Beobachtungsvektor Meßwerte und keine Nullen mehr enthält.

Bild 10 zeigt den Original- als auch einen synthetisierten Verlauf einer unter Nichtbrandbedingungen aufgezeichneten Wertefolge.

Grundsätzlich können Meßgrößenverläufe von Brandkenngrößen mit Hilfe des Modells für den Brandfall (Bild 6) analysiert werden. Im Nichtbrandfall wird jedoch darauf verzichtet, da dies die zusätzliche Abspeicherung der Mittelwerttrajektorie  $\{\bar{z}(n), n = 1, \dots, L_{\text{tot}}\}$  erfordert. Erfahrungen zeigen, daß der langsam veränderliche Anteil von Meßgrößenverläufen unter Nichtbrandbedingungen innerhalb eines begrenzten nicht zu großen Ausschnitts als näherungsweise konstant angenommen werden kann.

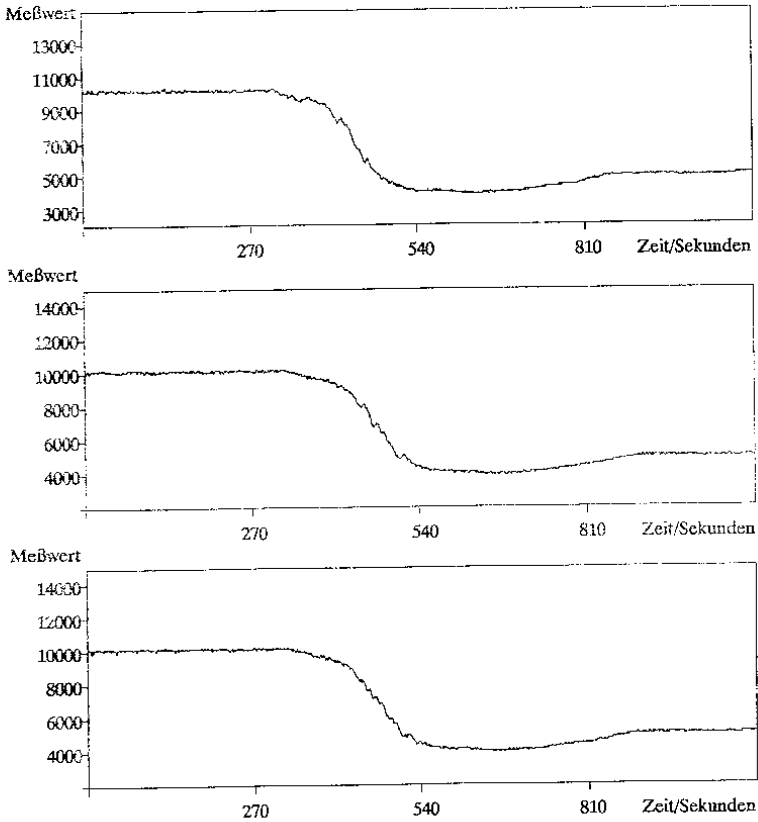


Bild 7 Analysierter Meßgrößenverlauf (oben) und 2 synthetisierte Verläufe der Brandkenngröße Rauchdichte, gemessen mit einer Meß-Ionisationskammer für einen offenen Holzbrand (TF1 nach EN 54 [4]) mit folgenden Parametern: Analysefensterlänge  $L = 60s$ , Filterordnung  $p = 2$ ,  $b = 0.65$  (Darstellung in willkürlichen Einheiten)

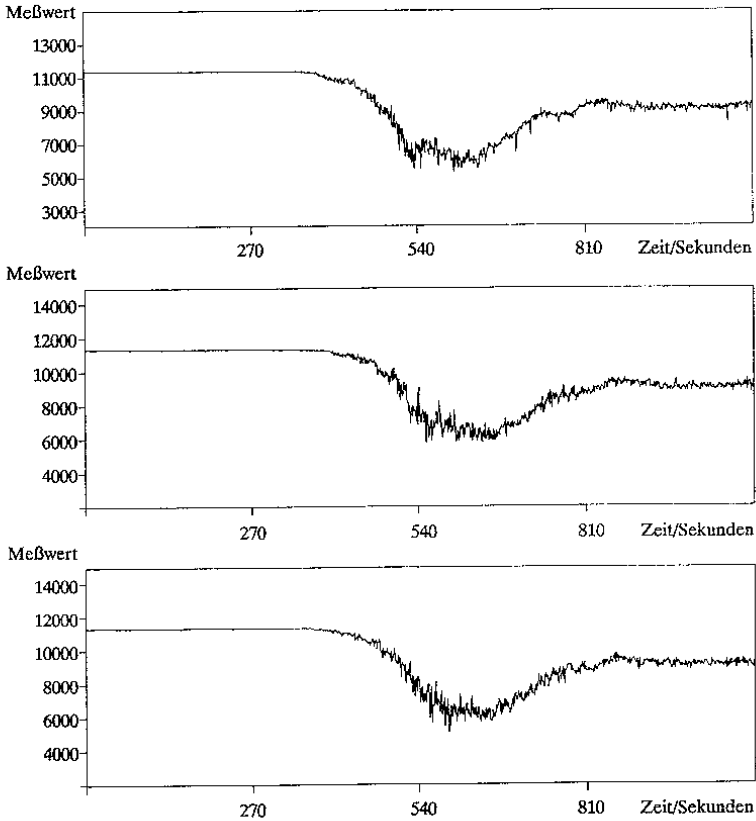


Bild 8 Analysierter Meßgrößenverlauf (oben) und 2 synthetisierte Verläufe der Brandkenngröße Rauchdichte, gemessen mit einem optischen Streulichtmeßkopf für einen offenen Holzbrand (TF1 nach EN 54 [4]) mit folgenden Parametern: Analysefensterlänge  $L = 60s$ , Filterordnung  $p = 2$ ,  $b = 0.65$  (Darstellung in willkürlichen Einheiten)



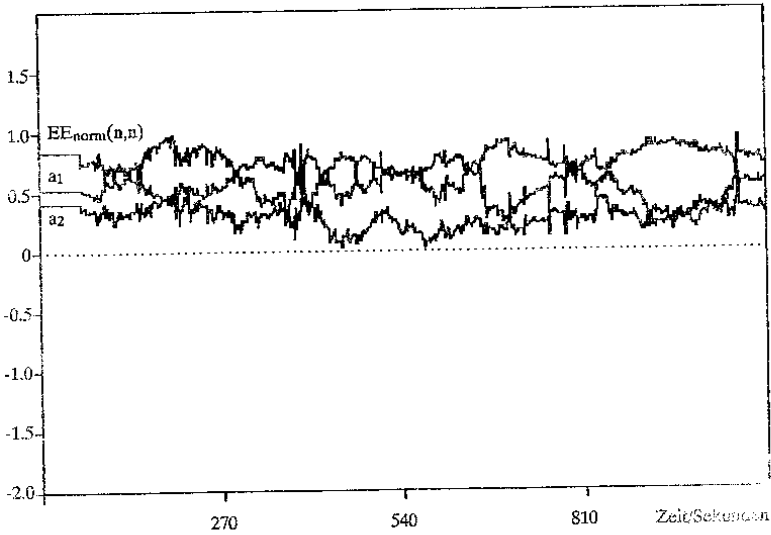


Bild 9 Parametertrajektorien nach Analyse des in Bild 8 dargestellten Originalverlaufs

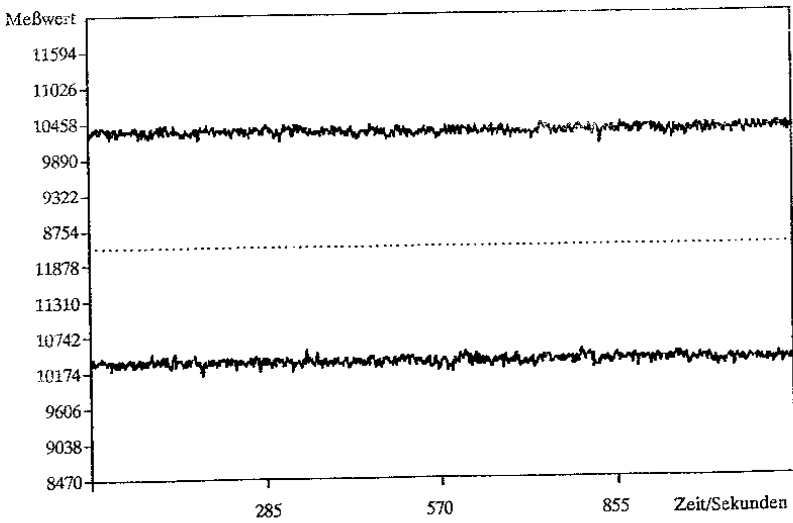


Bild 10 Analysierter Meßgrößenverlauf (oben) und synthetisierter Verlauf (unten) der Brandkenngröße Rauchdichte in willkürlichen Einheiten, aufgenommen mit einer Meß-Ionisationskammer unter der Nichtbrandhypothese mit folgenden Parametern: Analysefensterlänge  $L = 60$ , Filterordnung  $p = 2$

### 3. Datenreduktionsmethoden für den Nichtbrandfall

Durch die Beschreibung der statistischen Charakteristiken von Meßgrößenverläufen mit Hilfe einer Schar von Parametertrajektorien wird abhängig von der Filterordnung  $p$  die Anzahl der abzuspeichernden Daten gegenüber der Anzahl der Originaldaten um einen Faktor  $(p + 1)$  im Nichtbrandfall und  $(p + 2)$  im Brandfall erhöht. Während dies bei Durchführung von Testfeuern aufgrund der relativ kurzen Versuchsdauer unproblematisch ist, erfordert dies bei der Analyse von Nichtbrandsituationen einen riesigen Speicheraufwand. Daher ist es notwendig über Reduktionsverfahren nachzudenken, die das Maß an Information, die zur Synthese benötigt wird, auf das wesentliche beschränkt.

#### 3.1 Modell der Datenreduktion und Ergebnisse

Brandkenngrößen können im Nichtbrandfall als stückweise stationär betrachtet werden. Unter Verwendung des in Kap. 2 vorgestellten Analysemodells kann jeder stückweise stationäre Ausschnitt durch 1 Parametervektor beschrieben werden. Zur Unterteilung der Brandkenngröße in stückweise stationäre Ausschnitte wird als Kriterium eine modifizierte Form des in [2] vorgestellten adaptiven GLR (general likelihood ratio)-Verfahrens verwendet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird auf die Einzelheiten im Rahmen diese Aufsatzes verzichtet und auf eine spätere Veröffentlichung verwiesen. Nach Durchführung von 3 Einzelanalysen mit den unterschiedlichen Fensterlängen  $L$ ,  $L_T$  und  $L_g = L + L_T$  zum Zeitpunkt  $n$  für die Bereiche  $n-L < i \leq n$ ,  $n < i \leq n + L_T$  sowie  $n-L < i \leq n + L_T$  wird durch einen anschließenden Vergleich der Ergebnisse miteinander eine zeitabhängige Diskriminatorfunktion gebildet. Durch Vergleich dieser Funktion zum Zeitpunkt  $n$  mit einer eingeführten Schwelle  $d_s$  wird zugunsten der Hypothese "keine Stationaritätsgrenze" oder zugunsten der Gegenhypothese "Stationaritätsgrenze" entschieden. Das bedeutet konkret, daß solange die Hypothese "keine Stationaritätsgrenze"

gilt, der Parametervektor, also die Analyse- und Synthesefiltereinstellung, nicht geändert wird und damit nur einmal abgespeichert wird.

Bild 11 zeigt Syntheseresultate unter Anwendung des adaptiven GLR-Verfahrens. Zugrunde lagen dieselben Meßdaten wie auch schon in Bild 10. Mit der eingestellten Schwelle  $d_s = 50$  wurden keine Instationaritäten detektiert und damit eine maximale Datenreduktion gegenüber dem Ergebnis in Bild 10 erzielt.

Vergleicht man das Syntheseresultat bei Anwendung des Segmentierungs-Verfahrens (Bild 11) mit dem Syntheseresultat bei kontinuierlicher Analyse (Bild 10) so ist kaum ein Unterschied feststellbar.

Messungen haben ergeben, daß durch Anwendung des adaptiven GLR-Verfahrens Datenreduktionen von Faktor 100 verglichen mit der kontinuierlichen Analyse möglich sind, ohne daß eine signifikante Verschlechterung des Syntheseresultates zu beobachten ist.

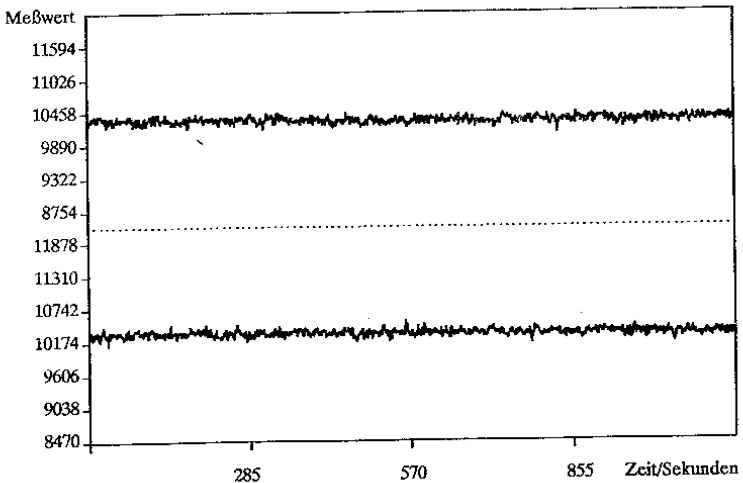


Bild 11 Analysierter (oben) und synthetisierter Meßgrößenverlauf (unten) der zugehörigen Brandkenngröße Rauchdichte, aufgenommen mit einer Meß-Ionisationskammer unter der Nichtbrandhypothese bei Anwendung des adaptiven GLR-Verfahrens, mit folgenden Parametern: Analysefensterlänge  $L = 60s$ , Filterordnung  $p = 2$ , Diskriminatorschwelle  $d_s = 50$  (Darstellung in willkürlichen Einheiten)

#### 4. Test von Detektionsalgorithmen

Nach der Analyse vieler zeitbegrenzter Meßwertverläufe für den Brand- und den Nichtbrandfall werden die Ergebnisse in geeigneter Form in einer Datenbank zusammengefaßt. Auf der Basis eines Multiprozessorsystems werden Meßgrößenverläufe simuliert und in einen zu testenden Detektionsalgorithmus eingespeist. Die Möglichkeit der Parallelverarbeitung des Systems wird dadurch genutzt, daß jeweils ein Test auf jeweils einem Prozessor völlig unabhängig vom restlichen System läuft. Die Auszählung der ausgelösten Alarme im Brandfall sowie der Falschalarme im Nichtbrandfall mit Registrierung des Auftretenszeitpunktes erlauben statistische Aussagen über das Detektionsverhalten sowie das Falschalarmverhalten, wenn nur genügend Alarme bzw. Falschalarme produziert werden.

Der im Fachgebiet Nachrichtentechnik der Universität Duisburg aufgebaute Detektormeßplatz erlaubt die Generierung von mehr als 10000 Werten pro Sekunde, die basierend auf der Datenbank, die die Analyseergebnisse beinhaltet, synthetisiert werden. Das bedeutet, daß beispielsweise eine Simulation von 200 Meßgrößenverläufen der mittleren Länge von 8 Minuten, aufgezeichnet über einen Zeitraum von 1 Jahr eine Rechenzeit von etwa 10 s benötigen würde.

Anhand eines konkreten Beispiels soll gezeigt werden, wie die Simulation zur Erlangung statistisch signifikanter Aussagen über das Entdeckungs- und Falschalarmverhalten prinzipiell aussehen kann. Beispielhaft soll der Brandmengendetektor [5], angewandt auf simulierte Verläufe der Brandkenngröße Rauchdichte, gemessen mit einer Meß-Ionisationskammer, untersucht werden.

Beim Brandmengendetektor wird zunächst die Differenz aus aktuellem Meßwert  $x(n)$  und den um einen konstanten Wert reduzierten Ruhewert  $x_R(n)$  berechnet. Die Aufsummation der so gebildeten zeitlich aufeinanderfolgenden Differenzen, liefert die Brandmenge  $B(n)$ , solange die Differenz größer oder gleich null ist.

Bezeichnet man mit  $x_R(n)$  den zum Abtastzeitpunkt  $n$  gültigen Ruhewert und mit  $S_{AB}$  die sogenannte Alarmberechnungsschwelle, dann gilt für die Brandmenge  $B(n)$  zum Abtastzeitpunkt  $n$  in rekursiver Form:

$$B(n) = \begin{cases} B(n-1) + x_R(n) - S_{AB} - x(n) & \text{für } x_R(n) - S_{AB} - x(n) > 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (4.1)$$

$x_R(n)$  wird durch Aufsummation exponentiell gewichteter vergangener Meßwerte tiefpaßgefiltert, nach bestimmten Zeiten mit dem Meßwert  $x(n)$  verglichen und mit der Zeitkonstanten  $\tau_R$  dem Meßwert nachgeführt. Bild 12 veranschaulicht die Bildung der Brandmenge.

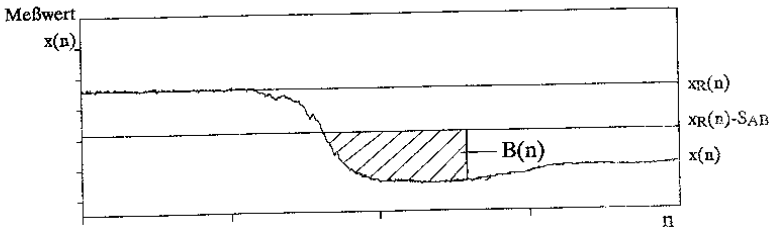


Bild 12 Grafische Darstellung der Brandmengenberechnung

Durch Vergleich von  $B(n)$  mit der konstanten Alarmschwelle  $S$  wird zugunsten des Ereignisses "Brand" oder "Nichtbrand" entschieden.

Im ersten Teil der Simulation wird das Detektionsverhalten im Brandfall untersucht. Ohne Einschränkung der Allgemeingültigkeit werden als Basis für die Analyse die Meßdaten einer Anzahl durchgeführter Testbrände vom Typ TF 1 (offener Holzbrand nach EN 54 [4]) gewählt.

Es wurden die Meßgrößenverläufe von je 6 im Brandentdeckungslabor des Fachgebietes Nachrichtentechnik der Universität Duisburg an verschiedenen Orten installierten Rauchmeßköpfe vom Typ der Meß-Ionisationskammer für 2 Testfeuer analysiert und die Ergebnisse in einer Datenbank zusammengefaßt. Die Parameter des Detektors wurden so gewählt, daß der Detektor bei Simulation von jeweils

1000 Testbränden in jedem Fall einen Brand innerhalb einer vernünftigen Zeit detektiert.

Tabelle 1 gibt zusammenfassend die Simulationsergebnisse nach Festlegung der kennzeichnenden Detektorparameter an. Unter der Alarmzeit  $t_A$  versteht man die Zeit, die zwischen Zündzeitpunkt und erstmaliger Entscheidung zugunsten des Ereignisses "Brand" im Brandfall vergeht [6]. Nach Durchführung vieler simulierter Testbrände läßt sich für den Brandmengen-detektor eine mittlere Alarmzeit  $\bar{t}_A$  mit einer Standardabweichung  $s_{tA}$  angeben (siehe Tab. 1).

<b>Generelle Informationen:</b>												
Ort: Brandentdeckungslabor, Universität Duisburg												
Testfeuer: TF1 (offener Holzbrand nach EN 54)												
Anzahl installierter Meß-Ionisationskammern: 6												
Anzahl durchgeführter Testfeuer: 2												
<b>Analyseparameter:</b>												
analysierte Brandkenngröße: Rauchdichte, gemessen mit der Meß-Ionisationskammer												
Fensterlänge L: 60s												
Filterordnung p: 2												
<b>Simulationsparameter:</b>												
Integrationskonstante b: 0.65												
Anzahl Simulationsläufe pro Testfeuer: 1000												
<b>Detektorparameter:</b>												
Alarmberechnungsschwelle $S_{AB}$ : 750												
Alarmschwelle S: 4000												
Ruhewert : $x_R(n) = \bar{x}(n = 60)$ (Mittelwert, gebildet über die ersten 60 Meßwerte)												
<b>Ergebnisse:</b>												
gemeldete Alarme: 12000 (jeder Meßkopf hat Alarm ausgelöst)												
mittlere Alarmzeit $\bar{t}_A$ und Standardabweichung $s_{tA}$ (in Sekunden):												
Meßdatensatz:	A__5006__001					A__5010__001						
Meßkopf-Nr.	1	7	13	19	25	31	1	7	13	19	25	31
$\bar{t}_A/s$	164	166	94	166	189	217	181	172	156	183	194	234
$s_{tA}/s$	24	16	24	28	26	26	28	21	24	25	23	12
gesamte Rechenzeit: 00:03:00 hh:mm:ss												

Tabelle 1 Ergebnisse zum Test des Brandmengen-detektors für den Brandfall

Abhängig vom Installationsort der Meß-Ionisationskammern ergeben sich für  $\bar{I}_A$  unterschiedliche Werte. Die Meß-Ionisationskammer mit der lfd. Nr. 13 ist direkt über dem Brandherd installiert.

Auf der Basis von Messungen im Warmbandwalzwerk der Fa. THYSSEN Stahl in Duisburg an 6 verschiedenen Stellen über einen Zeitraum von insgesamt 3 Monaten wurde nach Analyse aller aufgezeichneten Meßgrößenverläufe der installierten Meß-Ionisationskammern eine Datenbank zur Aufnahme der Analyseergebnisse erstellt.

Bild 2 (a) zeigt einen der insgesamt 6 zugrundeliegenden Meßgrößenverläufe der Meß-Ionisationskammer. Dabei ist zu beachten, daß die Darstellung die zeitlichen Aufzeichnungslücken, also die Meßgrößenverlaufsstücke die nicht als falschalarmrelevant klassifiziert wurden, nicht berücksichtigt. Der tatsächliche Zeitausschnitt umfaßt 7 Tage. Die Länge von Vor- und Nachläufer wurde so gewählt, daß jedes aufgezeichnete Meßgrößenverlaufsstück eine minimale Länge von 5 Minuten aufweist.

Zwecks Berücksichtigung der "Vorgeschichte" des Detektors wird der Ruhewert  $x_{R,Start}$  zu Beginn eines jeden zu simulierenden Ausschnitts zufällig gewählt. Vereinfachend wird angenommen, daß sich  $x_{R,Start}$  gemäß einer gaußförmigen Wahrscheinlichkeitsdichte, charakterisiert durch Mittelwert und Standardabweichung angeben läßt. Beide charakteristischen Werte werden individuell für jede Meßgröße aus dem Mittelwertverlauf berechnet. Dieser setzt sich zusammen aus Mittelwerten, die während der laufenden Messung in regelmäßigem Abstand über eine begrenzte Anzahl zurückliegender Meßwerte bestimmt werden.

Unter der Hypothese der Erfassung des größten Teils aller falschalarmrelevanter Situationen innerhalb des angegebenen Zeitraums, wurden die analysierten Verläufe so oft simuliert, bis eine ausreichende Grundgesamtheit von Falschalarmen registriert wurde. Dabei wurde der Brandmengendetektor gleich parametrisiert wie bei der durchgeführten Simulation im Brandfall. In Tabelle 2 sind die erzielten Simulationsergebnisse zusammengefaßt.

**Generelle Informationen:**

Aufzeichnungsort: Warmbandwalzwerk der Fa. THYSSEN Stahl

gesamter Aufzeichnungszeitraum: 3 Monate

Anzahl installierter Meß-Ionisationskammern: 6

Installationsorte:

Meßgröße 1 : Schalthaus

Meßgröße 7 : Anfang Kabelkanal

Meßgröße 13 : Reglerraum

Meßgröße 19 : Ende Kabelkanal

Meßgröße 25 : Schalthaus

Meßgröße 31 : Ökeller

Ruhewertnachführung bei Aufzeichnung : 24 h

Länge des Vor-/Nachläufers: 120 s

**Analyseparameter:**

analysierte Brandkenngröße: Rauchdichte, gemessen mit der Meß-Ionisationskammer

Fensterlänge L: 60s

Filterordnung p: 2

Schwelle  $d_s$ : 50

**Simulationsparameter:**

Anzahl Simulationsläufe: 4000

**Detektorparameter:**

Alarmberechnungsschwelle  $S_{AB}$ : 750

Alarmschwelle S: 4000

$x_R(n)$ : zufällig und individuell für jede Meßgröße

Nachführungszeitkonstante  $\tau_R$ : 3.25 h

**Ergebnisse:**

Meßkopf-Nr.	1	7	13	19	25	31
Falschalarme:	0	236	0	1	14	0
Falschalarmrate:	k.A.	1/5 Jahre	k.A.	k.A.	1/70 Jahren	k.A.

(k.A. - keine Angabe)

gesamte Rechenzeit: 00:20:00 hh:mm:ss

Tabelle 2 Ergebnisse zum Test des Brandmengen-detektors im Nichtbrandfall



Bei den Meßgrößen 1, 13, 19 und 31 ist eine Aussage über das Falschalarmverhalten aufgrund der geringen Grundgesamtheit an aufgezeichneten falschalarmrelevanten Ereignissen nicht möglich. Für diese Meßgrößen muß der Analysezeitraum erweitert werden. Die recht hohe Falschalarmrate der Meßgröße 7 ist auf eine grundsätzlich größere "Unruhe" der Brandkenngröße Rauchdichte im vorderen Teil des Kabelkanals gegenüber allen anderen Installationen zurückzuführen. Nach Abschluß der Simulation wurde Rücksprache mit der Werksfeuerwehr der Fa. THYSSEN Stahl gehalten, um zu prüfen, ob entsprechende Erfahrungen vorliegen. Dies wurde bestätigt mit dem Hinweis auf 2 Ursachen. Zum einen fielen in den Aufzeichnungszeitraum etwa 4 Wochen lang andauernde Bauarbeiten, und zum anderen war bis zum Abschluß der Bauarbeiten das Eindringen von Abflammgasen aus der Produktion in den vorderen Bereich des Kabelkanals möglich. Eine nachträgliche Überprüfung der Simulationsergebnisse zeigte, das 100% aller ermittelten Falschalarme der Meßgröße 7 zur Zeit der Bauarbeiten auftraten.

Das Ergebnis zeigt, daß es sinnvoll ist, einen Detektor in seiner Parametrierung den jeweiligen Umgebungsbedingungen anzupassen. Erst dann wird ein optimales Ergebnis mit möglichst geringer Falschalarmanfälligkeit bei möglichst guter Detektionsfähigkeit erzielt werden können. Die Simulation kann dabei eine Hilfe sein.

Dieses Ergebnis soll nicht dazu dienen den Brandmengendetektor in die Klasse der guten oder schlechten Detektoren einzuordnen, was aufgrund des hier verwendeten sehr begrenzten Datenmaterials auch gar nicht möglich wäre. Vielmehr soll das Ergebnis zeigen, daß die hier vorgestellte Simulationsmethodik durchaus plausible Ergebnisse liefert.

## **5. Zusammenfassung**

Wie gezeigt wurde ist es möglich Meßgrößenverläufe der zugehörigen Brandkenngrößen mit Hilfe modifizierter autoregressiver Modelle hinsichtlich seiner statistischen Eigenschaften unter Wahrung des instationären stochastischen Cha-

racters zu beschreiben. Nach Analyse einzelner Meßgrößenverläufe für den Brandfall sowie vieler für die Auslösung von Falschalarmen relevanten Meßgrößenverläufe für den Nichtbrandfall kann eine Basis für die Simulation von Meßgrößenverläufen geschaffen werden.

Die Verwendung eines Multiprozessor-Detektormeißplatzes erlaubt die Simulation vieler Meßgrößenverläufe mit ähnlichen statistischen Eigenschaften, wie sie die aufgenommenen und analysierten Meßgrößenverläufe aufweisen, in praktikabler Zeit. Nach Anwendung auf Detektionsalgorithmen erhält man Aussagen über das Detektions- und Falschalarmverhalten.

#### Literaturverzeichnis

- [1] J.Sokat, "The Splitted Generalized LeRoux-Gueguen Ladder Algorithm for Least-Squares Problems", accepted Paper to be held on ISSSE '89, 18.9-20.9.89, Erlangen, Fed. Rep. Germany
- [2] U. Appel, A.Brandt, "Adaptive Sequential Segmentation of Piecewise Stationary Time Series, Information Science", Vol. 29, 1983, pp. 27-56
- [3] P.Strobach, "Recursive Covariance Ladder Algorithms for ARMA System Identification" IEEE Trans. on ASSP, Vol. ASSP-36, pp. 560-580, April 1988
- [4] CEN, "Europäische Norm EN 54 Teil 9", 1982, Brüssel
- [5] R. von Tomkewitsch, "Brandschutzanlagen mit verteilter Intelligenz - Das Pulsmeldersystem", AUBE '82, 8. Internationales Vortragsseminar über Probleme der automatischen Brandentdeckung, 5.-7.10.1982
- [6] W. Cobben, "Ein Wirksamkeitsmaß für Signaldetektoren", AEÜ - Archiv für Elektronik und Übertragungstechnik - Electronics and Communication, Band 34, 1980, S. 353-360

## Anhang

Auf der Basis der ordnungsrekursiven Gram-Schmidt-Orthogonalisierung wird nach Einführung der generalisierten Residualenergien (GRE)

$$XE_{m,i,j}(n) = \mathbf{x}^T(n-i) \mathbf{e}_m(n-j) \quad (\text{A.1})$$

$$XR_{m,i,j}(n) = \mathbf{x}^T(n-i) \mathbf{r}_m(n-1-j) \quad (\text{A.2})$$

eine mögliche Ordnungsrekursion für die GRE's vorgestellt. Nach [1] gelten die folgenden Rekursionsgleichungen:

$$XE_{m,0,i}(n) = XE_{m-1,0,i}(n) + K_m^f(n-i) XR_{m-1,0,i}(n) \quad (\text{A.3})$$

$$XR_{m,0,i}(n) = XR_{m-1,0,i+1}(n) + K_m^b(n-1-i) XE_{m-1,0,i+1}(n) \quad (\text{A.4})$$

$$XR_{m,m+1,0}(n+1) = XR_{m-1,m,0}(n) + K_m^b(n) XR_{m-1,0,0}(n) \quad (\text{A.5})$$

$$K_{m+1}^f(n) = - \frac{XR_{m,0,0}(n)}{XR_{m,m+1,0}(n)} \quad (\text{A.6})$$

$$K_{m+1}^b(n) = - \frac{XR_{m,0,0}(n)}{XE_{m,0,0}(n)} \quad (\text{A.7})$$

Initialisiert wird der Algorithmus durch die Werte der Eingangskovarianzmatrix auf der Basis errechneter Zeitmittelwerte des Beobachtungsvektors:

$$XE_{0,i,j}(n) = \mathbf{x}^T(n-i) \mathbf{x}(n-j) \quad (\text{A.8})$$

$$XR_{0,i,j}(n) = \mathbf{x}^T(n-i) \mathbf{x}(n-j-1) \quad (\text{A.9})$$

sowie durch die Reflexionskoeffizienten

$$K_1^f(n) = - \frac{XR_{0,0,0}(n)}{XR_{0,1,0}(n)} \quad (\text{A.10})$$

$$K_1^b(n) = - \frac{XR_{0,0,0}(n)}{XE_{0,0,0}(n)} \quad (\text{A.11})$$

Die Reflexionskoeffizienten  $K_m^f(n)$  und  $K_m^b(n)$  werden mit Hilfe der Gl. (A.3)-(A.7) ordnungsrekursiv beginnend bei Filterordnung  $m=1$  bis zur festgelegten Ordnung  $p$  für den Laufindex  $i=0, \dots, p$  zu jedem Analysezeitpunkt  $n=0, \dots, L_{\text{tot}}$  nach Initialisierung gemäß Gl. (A.8) - (A.11) berechnet. Für die Energie  $EE(n,n)$  des Schätzfehlers  $\mathbf{e}^T(n) = (e(n), e(n-1), \dots, e(n-L))$

$$\begin{aligned} EE(n,n) &= \mathbf{e}^T(n)\mathbf{e}(n) \\ &= XE_{m+1,0,0}(n) \end{aligned} \quad (\text{A.12})$$

erhält man nach kurzer Rechnung

$$EE(n,n) = XE_{p-1,0,0}(n) - (K_p^f(n))^2 XR_{p-1,p,0}(n) \quad (\text{A.13})$$

Mit Hilfe der Levinson-Rekursion lassen sich die Filterkoeffizienten der Ladder-Struktur in die der FIR-Filterstruktur umrechnen [3].

R. Siebel

Universität Duisburg, Duisburg, Bundesrepublik Deutschland

## Zum Entwurf von Detektionsalgorithmen unter Einbeziehung verschiedenartiger Brandkenngrößen.

### 1. Einleitung

Detektionsalgorithmen haben die Aufgabe, aufgrund der Beobachtung von Signalverläufen selbsttätig eine Entscheidung darüber zu treffen, unter welchen Hypothesen die Signalverläufe zustande gekommen sind.

In der automatischen Brandentdeckung werden die Signalverläufe von Meßwandlern erzeugt, die physikalische Kenngrößen (Brandkenngrößen) in elektrische Signale umwandeln; die Hypothesen sind: Kein Brand ( $H_0$ ) und Brand ( $H_1$ ). Unter beiden Hypothesen sind die beobachtbaren Signale zufallsbehaftet und instationär. Kenntnisse zur Beschreibung der beobachtbaren Signale unter Nichtbrandbedingungen in verschiedenen typischen Installationsumgebungen lagen bisher praktisch nicht vor. Im Rahmen eines vom **Bundesminister für Forschung und Technologie** geförderten Projektes, **bearbeitet von der Universität Duisburg in Kooperation mit der SIEMENS A.G. München**, werden Ausschnitte aus solchen Signalverläufen mit einer Abtastrate von 1 Meßwert/Sek je Meßkopf als Wertefolgen  $\{x_n(k)\}$  in verschiedenen Installationsumgebungen aufgezeichnet und analysiert /1/. Ein Ziel dieses Projektes ist, durch eine geeignete Signalvorverarbeitung auch durch die Einbeziehung verschiedener Brandkenngrößen in eine Entscheidung die Fehlalarmanfälligkeit automatischer Brandmeldeanlagen zu reduzieren.

Das Ziel dieses Vortrages ist, einige aufgrund der Analyseergebnisse naheliegende Strategien zum Entwurf angepaßter Detektionsalgorithmen vorzustellen und über die Wirksamkeit erprobter Algorithmen unter realistischen Umgebungsbedingungen zu berichten. Dabei wird ein Detektionsalgorithmus etwas ausführlicher diskutiert, der die Signale verschiedener Meßwandler zu einer gemeinsamen Entscheidung verarbeitet.

## 2. Analyseergebnisse

Die Abb. 2.1 zeigt beispielhaft die Signalverläufe einer Meßkopfgruppe, deren 6 Meßwandler:

- Rauchmeßkopf nach dem Ionisationskammer Meßprinzip (I)
- Rauchmeßkopf nach dem optischen Streulicht Meßprinzip (O)
- relative Luftfeuchte (Kontrollmeßgröße) (F)
- Temperatur (T)
- absoluter Luftdruck (Kontrollmeßgröße) (L)
- Meßkopffinnentemperatur (Kontrollmeßgröße) (Ti)

praktisch punktförmig in einem Kabelkanal eines Schwerindustriebetriebes (Thyssen) angeordnet sind. Die Meßgrößen (L) und (F) sind als Kontrollgrößen definiert, deren Einfluß auf die Meßwerte der Rauchmeßfühler (I) und (O) erfaßt wird. Dargestellt sind nur diejenigen Meßdatenblöcke, bei denen mindestens ein Meßwert eine jeweils vorgegebene Aufzeichnungsschwelle überschritten hat.

Die Abbildung zeigt, daß auch im Nichtbrandfall Brandkenngrößen durch Umwelteinflüsse starke Schwankungen aufweisen.

Genauere Analysen über viele solcher aufgezeichneter Datensätze zeigen, daß quantitative Aussagen über die Eigenschaften solcher Signale im Nichtbrandfall (Ho) nur mit Bezug auf die jeweilige Installationsumgebung sinnvoll sind.

Folgende qualitativen Aussagen für Brandkenngrößen können für alle Umgebungsbedingungen (Hypothese Ho) festgestellt werden:

Eigenschaft	Ursache(n)	Auswirk. auf
1. Langzeitdrift über Stunden, Tage, Monate	Umgebungseinflüsse	(I, O, T)
	Alterung	(I, O)
	Verschmutzung	(I, O)
2. Kurzzeittrends über Minuten bis Stunden	Umgebungseinflüsse	(I, O, T)
3. einzelne extreme Abweichungen aktueller Meßwerte vom Durchschnittswert	Meßprinzip	(O)
	Meßfehler	(I, O, T)
	Übertragungsfehler	(I, O, T)
4. stark variierende Kurzzeitstreuung	Umgebungseinflüsse	(I, O, T)
	Betriebsaktivitäten	(I, O, T)

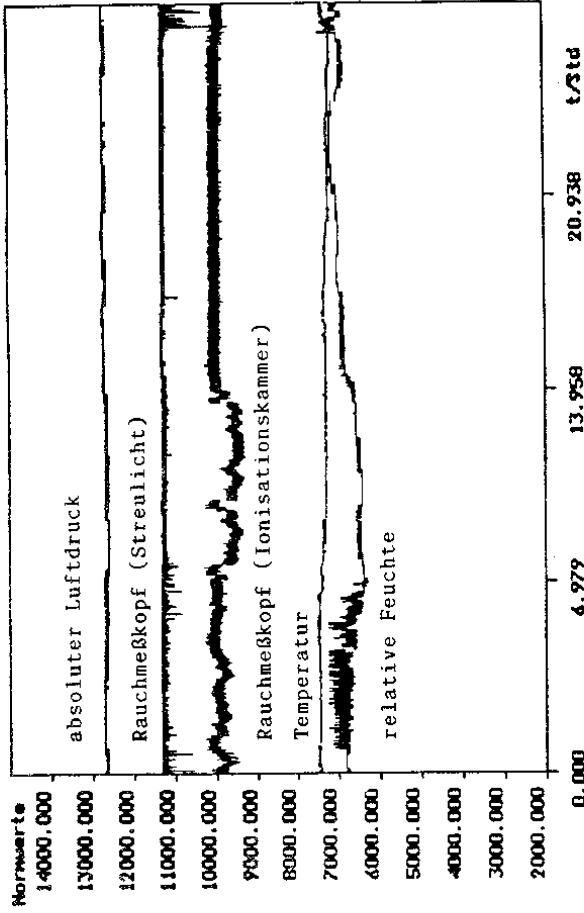


Abb. 2.1: Meßwertverläufe einer nahezu punktförmig im Kabelkanal eines Schwerindustriebetriebes angeordneten Meßkopfgruppe, aufgezeichnet über etwa 5 Tage. Dargestellt sind nur die Ereignisblöcke, bei denen mindestens 1 Meßwert eines beliebigen Meßkopfes vorgegebene Aufzeichnungsschwellen überschritten hat.

### 3. Konsequenzen für Detektionsalgorithmen

Aus den o.g. Eigenschaften folgt:

- Entscheidungen durch Vergleiche der Meßwerte mit festen Schwellenwerten sind ungeeignet, weil durch Langzeitdrifterscheinungen die Ansprechempfindlichkeit des Detektors verändert wird!

- Reine Trenddetektoren entscheiden, ob ein Trend vorhanden ist, unabhängig vom Anstieg des Trends. Sie sind ohne weitere Maßnahmen deshalb ungeeignet, weil auch im Nichtbrandfall schwache Trends zu beobachten sind!

- Entscheidungen durch Vergleiche einzelner Meßwerte mit Schwellenwerten sind ungeeignet! Die Entscheidung sollte aufgrund der Beobachtung eines geeigneten Signalausschnittes erfolgen. Einzelne extreme Meßwertabweichungen sollten vom Verarbeitungsalgorithmus selbsttätig korrigiert werden!

- Die Auswertung der Datensätze zeigt, daß in Betriebsruhezzeiten die Meßwerte der Rauchmeßköpfe eine geringere Kurzzeitvarianz aufweisen als bei normalen Betriebsaktivitäten. Deshalb kann die Kurzzeitstreuung wegen der Abbildung betriebsbedingter Aktivitäten zur Steuerung variabler Entscheidungsschwellen herangezogen werden!

Da die o.g. Eigenschaften je nach Installationsumgebung quantitativ sehr große Unterschiede aufweisen, sind Entscheidungsschwellen für jede Installationsumgebung individuell einzustellen!

Eine bessere Möglichkeit ist, innerhalb der Anlage selbst bestimmte Eigenschaften der Umgebung statistisch zu erfassen und zur Steuerung von Schwellenwerten heranzuziehen. Dabei kann die Festlegung der zulässigen Bandbreiten für Schwellenwertnachführungen durch Offline-Analysen der Meßwertverläufe von sicher zu entdeckenden Entstehungsbränden erfolgen.

Zukünftig ist sogar denkbar, Modellbeschreibungen der Brandkenngrößenverläufe solcher Entstehungsbrände in der Anlage mitzuführen und anhand der Modelle die Auswirkungen veränderter Parameter der Entscheidungsalgorithmen zu simulieren. Über Möglichkeiten zur Modellbeschreibung für Brandkenngrößenverläufe wird an anderer Stelle berichtet /2/.



#### 4. Verbundkriterialgorithmen

Bei Verbundkriterialgorithmen werden die *Signalverläufe verschiedener* Meßwandler zu einer Teststatistik verarbeitet und anschließend mit einem Schwellenwert verglichen.

Für die automatische Brandentdeckung bieten sich Algorithmen an, die die Tatsache ausnutzen, daß in der Entstehungsphase eines Brandes starke Signaltrends in bekannter Richtung über einen begrenzten Zeitraum auftreten, während im Nichtbrandfall nur schwache Signaltrends in unterschiedlichen Richtungen auftreten.

Die Annahme, daß Verbundkriterialgorithmen eine bessere Unterscheidungsfähigkeit zwischen Brand- und Nichtbrandbedingungen besitzen, stützt sich auf die durch die Analysen belegte Tatsache, daß bestimmte Kombinationen der Signale verschiedener Meßfühler im Nichtbrandfall sehr viel schwächer korreliert sind als im Brandfall.

Aus der Vielzahl der möglichen Verbundkriterialgorithmen wurde der sog. Kendall-Tau-Detektor ausgewählt, der folgende Eigenschaften besitzt:

- implementierbar als Einfach- und Verbundalgorithmus
- unter bestimmten Bedingungen asymptotisch nichtparametrische Teststatistik
- reagiert auf monotone Signaltrends extrem empfindlich
- weitgehend unempfindlich gegen vereinzelte extreme Meßwertschwankungen
- Teststatistik rekursiv berechenbar
- einfache Rechenoperationen

Der Kendall-Tau-Algorithmus läßt sich in der rekursiven Form für ein gleitendes Beobachtungsfenster mit fester Fensterlänge  $N$  wie folgt beschreiben:

Einfach-Kendall-Tau-Algorithmus für eine Wertefolge  $\{s_n(k)\}$

$$T_{K_e}(k+1) = T_{K_e}(k) + \sum_{i=0}^{N-2} [\text{sign}(s_n(k+1)-s_n(k-i)) - \text{sign}(s_n(k-i)-s_n(k-N+1))] \quad (4.01)$$

Verbund- Kendall-Tau-Algorithmus für zwei verschiedene Wertefolgen  $\{s_n(k)\}, \{s_m(k)\}$

$$T_{K_v}(k+1) = T_{K_v}(k) + 2 \sum_{i=0}^{N-2} [\text{sign}(s_n(k+1)-s_n(k-i)) \text{sign}(s_m(k+1)-s_m(k-i)) + \text{sign}(s_n(k+1)-s_n(k-i)) \text{sign}(s_m(k-i)-s_m(k-N+1))] \quad (4.02)$$

Dabei ist die sign-Funktion definiert als:

$$\text{sign}(y) = \begin{cases} 1 \text{ für } y > 0 \\ 0 \text{ für } y = 0 \\ -1 \text{ für } y < 0 \end{cases} \quad (4.03)$$

Die Teststatistiken  $T_{Kc}(k), T_{Kv}(k)$  haben einen festen Wertebereich:

$$-N(N-1)/2 \leq T_{Kc}(k) \leq N(N-1)/2 \quad (4.04)$$

$$-N(N-1) \leq T_{Kv}(k) \leq N(N-1) \quad (4.05)$$

Bei Annahme statistisch unabhängiger, stationärer Wertefolgen  $\{s_n(k)\}, \{s_m(k)\}$  unter der Hypothese  $H_0$  gilt für die Erwartungswerte der Teststatistiken:

$$E\{T_{Kc}(k)|H_0\} = 0; \quad E\{T_{Kv}(k)|H_0\} = 0 \quad (4.06)$$

und die zugehörigen Wahrscheinlichkeitsdichten sind gerade Funktionen mit dem Maximum im Koordinatenursprung:

$$p_{T_{Kc}|H_0}(u) = p_{T_{Kc}|H_0}(-u); \quad \max(p_{T_{Kc}|H_0}(u)) \text{ bei } u = 0 \quad (4.07)$$

Bei Annahme streng monotoner Signaltrends unter der Hypothese  $H_1$ , auch mit beliebig kleiner positiver (bzw. negativer) Steigung innerhalb des gesamten Beobachtungsfensters, erzeugt die Teststatistik  $T_{Kc}(k)$  den positiven (bzw. negativen) Maximalwert.

Die Verbund-Kendall-Statistik  $T_{Kv}(k)$  erzeugt unter der gleichen Annahme dann den positiven (negativen) Maximalwert, wenn die Steigungen der beteiligten Wertefolgen gleichsinnig (gegensinnig) sind.

Tatsächlich weisen die beobachtbaren Signalverläufe auch unter Nichtbrandbedingungen ( $H_0$ ) über lange Beobachtungszeiträume Trends auf; d.h. die Wertefolgen sind in sich und auch untereinander korreliert. Aus diesem Grund und wegen der extremen Trendempfindlichkeit der Kendall-Algorithmen sind sie für Brandentdeckungszwecke ohne Modifikationen nicht brauchbar.

Überlagert man Brandkenngrößen zugehörige Wertefolgen  $\{x_n(k)\}$  unkorrelierte, gleichverteilte Rauschfolgen  $\{w(k)\}$

$$y_n(k) = x_n(k) + w(k) \quad (4.08)$$

$$\text{mit } p_w(u) = (1/w_0) \text{ rect}(u/w_0) \quad (4.09)$$

so kann die extreme Trendempfindlichkeit der Kendallalgorithmen durch die Wahl der Maximalamplitude  $w_0/2$  der Rauschfolge gezielt beeinflusst werden. Erst wenn eine Wertefolge  $\{x_n(k)\}$ , über die gesamte Beobachtungsfensterlänge  $N$  einen Min-

destanstieg:

$$dx_n(k) = x_n(k) - x_n(k-1) > w_0 \quad (4.10)$$

aufweist, ist die verrauschte zugehörige Wertefolge  $\{y_n(k)\}$  nach (4.08) streng monoton. Die Synthetisierung gleichverteilter, unkorrelierter Rauschfolgen  $\{w(k)\}$  ist mit rekursiven Algorithmen oder auch mit Hilfe elektronischer Schaltungen in einfacher Weise möglich.

Sprungförmige Änderungen einer Wertefolge werden, unabhängig von der Sprunghöhe, in der Teststatistik von Trendtests nur schwach abgebildet. Das Gleiche gilt für Wertefolgen, bei denen schwachen Trends starke Oszillationen überlagert sind. Bei Verbund-Algorithmen gilt entsprechendes, wenn auch nur eine der beteiligten Wertefolgen innerhalb der Beobachtungsfensterlänge o.g. Eigenschaften besitzt. Das ist ein Vorteil unter der Hypothese  $H_0$  aber ein Nachteil unter der Hypothese  $H_1$ , weil die Wertefolgen verschiedener Brandkenngößen unter Brandbedingungen solche Eigenschaften tatsächlich besitzen. **Abb. 4.5** zeigt einen Ausschnitt der Meßwerte eines I- und eines O-Meßkopfes in der Anfangsphase eines Schwelbrandes. Eingetragen ist beispielhaft ein Beobachtungsfenster von  $2 \frac{1}{2}$  min Länge. Es ist unwahrscheinlich, daß ein Verbund-Trend-Detektor in solcher Situation zugunsten von  $H_1$  entscheidet.

Diese Schwäche der Trendalgorithmen für Brandentdeckungszwecke kann aber durch folgende gedächtnisbehafte, nichtlineare Abbildung der Eingangswertefolgen  $\{y_n(k)\}$  behoben werden.

$$s_n(k) = \begin{cases} s_n(k-1) + a & \text{wenn } y_n(k) - s_n(k-1) > a \\ y_n(k) & \text{wenn } |y_n(k) - s_n(k-1)| < a \\ s_n(k-1) - a & \text{wenn } y_n(k) - s_n(k-1) < -a \end{cases} \quad (4.11)$$

mit  $a > w_0$

Die Nichtlinearität erzwingt die Abbildung sprungartiger Änderungen der Eingangswertefolge  $\{y_n(k)\}$  in lineare Anstiege der Ausgangswertefolge  $\{s_n(k)\}$ . Dabei kann der gewünschte Maximalanstieg durch den Parameter  $a$  vorgegeben werden. Oszillationen, deren Maximalamplitudendifferenzen groß sind im Vergleich zu  $a$ , werden ebenfalls begrenzt.

Für die Verwendung des Verbund-Kendall-Algorithmus nach (4.02) ist für Brandentdeckungszwecke eine weitere Zusatzbedingung erforderlich. Ausschlaggebend für die Teststatistik ist ausschließlich ein gleichsinniger (bzw. gegensinniger) Trend nicht aber die Trendrichtung (positiv, negativ).

In der Entstehungsphase eines Brandes ist für die verschiedenen Brandkenngößen

aber ein eindeutiger Richtungstrend bekannt. Um zu verhindern, daß nicht nur beispielsweise beim Anstieg der Temperatur und bei der Abnahme des Stroms der Ionisationsmeßkammer sondern auch im umgekehrten Fall die Entscheidung "Brand (H1)" getroffen wird, muß als Zusatzbedingung erfüllt sein, daß mindestens eine der beteiligten Wertefolgen alleine die für den Brandfall "bekannte, richtige" Trendrichtung besitzt. Für diese Zusatzbedingung bietet sich der Einfach-Kendall-Tau-Algorithmus an, zumal die beiden Summenterme in (4.01) Bestandteile des entsprechenden Verbundalgorithmus (4.02) sind.

Mit folgenden Definitionen:

L ist ein logischer Operator mit den Eigenschaften:

$$L[...] = 1 \text{ wenn } [...] \text{ wahr, } 0 \text{ sonst} \quad (4.12)$$

$S_v, S_e$  sind Schwellenwerte,

$?_1, ?_2$  stehen für Ungleichheitszeichen  $\{<, >\}$ , die in der Tabelle 4.1 für die verschiedenen Fälle festgelegt werden,

lautet die Entscheidungsregel für den Verbund-Kendall-Algorithmus:

$$HL = L\{TK_e(k) ?_1 S_e\} \& L\{TK_v(k) ?_2 S_v\} \quad (4.13)$$

$HL = H1$ , wenn die logische Verknüpfung wahr ist,  $H0$  sonst.

Je nach verarbeiteter Brandkenngrößenkombination sind die Symbole  $?_1, ?_2$  durch Ungleichheitszeichen  $\{<, >\}$  zu ersetzen. Dabei treten folgende Fälle unter Brandbedingungen auf:

**Tabelle 4.1:**

Einfach-	Verbundtrend	$?_1$	$S_e$	$?_2$	$S_v$	Beispiele	Zus.
solltrend						Komb.	
1 pos	gleichsinnig	>	>0	>	>0		
2 neg	gleichsinnig	<	<0	>	>0	IO,	I
3 pos	gegensinnig	>	>0	<	<0	IT,OT,FT	T
4 neg	gegensinnig	<	<0	<	<0	IT,OT,	I

Die Abkürzungen für die Beispiele bedeuten dabei:

IO - Kombination Ionisations- und optischer- Rauchmeßkopf

IT - Kombination Ionisations- und Temperatur- Meßkopf

FT - Kombination rel.Feuchte- und Temperatur- Meßkopf

In der letzten Tabellenspalte sind die zur Auswertung herangezogenen Meßgrößen für die Zusatzbedingungen genannt.

Der Verbund-Kendall-Detektor ist auch geeignet, für die gleichzeitiger Beobach-

tung der Signale räumlich verschieden angeordneter Meßköpfe.

Die beschriebenen Kendall-Algorithmen wurden anhand der aufgezeichneten Datensätze unter beiden Hypothesen ( $H_0, H_1$ ) für die in Tabelle 4.1 unter Ziffer 2 und 3 genannten Kombinationen erprobt. Ihre Wirkungsweise sei zunächst anhand der vier folgenden Diagramme demonstriert.

Verwendet wurde dabei eine Untermenge der aufgezeichneten Wertefolgen im 5 Sek. Abtastraster bei einer Fensterlänge von 30 Werten (2 1/2 Minuten Beobachtungszeit; Entscheidung alle 5 Sek.).

In den **Abb. 4.1 und 4.2** sind die normierten Amplitudenhäufigkeitsverteilung der Verbund-Kendall-Statistik unter Brand- und Nichtbrandbedingungen für die Kombination IO beispielhaft dargestellt. In der **Abb. 4.1** wird deutlich, daß die Werte der Verbund-Kendall-Statistik im Brandfall, bei gleichsinnigem, negativen Trend der Meßwertverläufe der I,O Meßköpfe (starke Trendkorrelation), gegen den positiven, normierten Maximalwert streben. Wegen der nur 144 berechneten Werte der Teststatistik innerhalb der vorgegebenen 12 Minuten kann die Anzahl der Ereignisse bei gleichem normierten Kendallwert abgezählt werden.

Die **Abb. 4.2** verdeutlicht, daß unter Nichtbrandbedingungen in der rauen Umgebungsbedingung eines Schwerindustriebetriebes bei insgesamt 29472 berechneten Kendallwerten die Wahrscheinlichkeit für die Überschreitung eines normierten Wertes für  $T_{Kv}(k)/T_{Kvmax} > 0.5$  sehr schnell gegen Null geht.

Um die Auswirkung der Zusatzbedingung aus (4.13) (für diesen Fall:  $T_{Ke}(k) < S_c$ ) zu demonstrieren wurde die Einfach-Kendallstatistik der Meßwerte des I-Meßkopfes (**Abb. 4.4**) zusätzlich ausgewertet. In der **Abb. 4.3** ist die normierte, bedingte Häufigkeitsverteilung:

$$h(T_{Kv}(k)/T_{Kvmax} | T_{Ke}(k) < S_c) \quad (4.14)$$

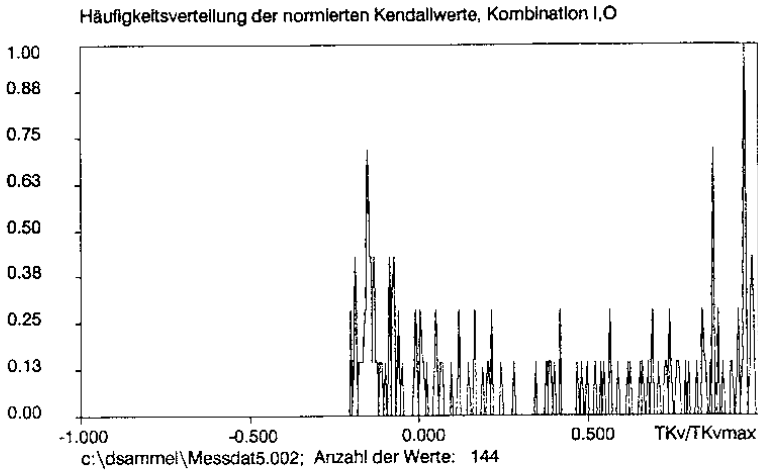
aufgetragen mit einem normierten Schwellenwert:  $S_c / T_{Kemax} = - 0.4$

Sie enthält von den ursprünglich 29472 nur noch 1882 Werte (etwa 6%), die die Zusatzbedingung bereits erfüllen. Die nahezu Nullsymmetrie läßt erkennen, daß die Trendkorrelation unter Nichtbrandbedingungen sehr schwach ist.

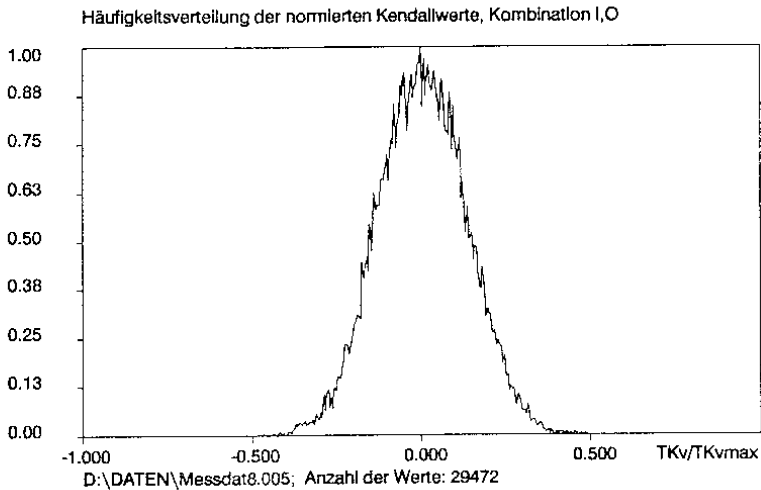
Die **Abb. 4.4** zeigt auch, daß die Schwellenwertunterschreitungen bei der Auswertung nur des Einfachkriteriums viele Alarme ausgelöst hätten. Mit einem normierten Schwellenwert  $S_v / T_{Kvmax} = + 0.4$  für die Verbund-Kendall-Statistik und einer Verknüpfung der Einzelentscheidungen nach (4.13) wäre (auch bei diesen zur Demonstration sehr niedrig gewählten Schwellenwerten) kein Alarm aufgetreten.

Für die Beträge praktisch brauchbarer, normierter Schwellenwerte gilt:

$$|S_v / T_{Kvmax}| = |S_c / T_{Kemax}| = 0.7..0.8 \quad (4.15)$$



**Abb. 4.1:** Häufigkeitsverteilung der normierten Verbund-Kendall-Statistik  $TK_v(k)$  für die Kombination Rauchmeßköpfe I und O, aufgenommen über einen Zeitraum von 5 Minuten vor Zündung bis 7 Minuten nach Zündung eines Testfeuers (offener Holzbrand TF1).



**Abb. 4.2:** Häufigkeitsverteilung der normierten Verbund-Kendall-Statistik  $TK_v(k)$  für die Kombination, Rauchmeßköpfe I und O, unter Nichtbrandbedingungen, aufgenommen über einen Zeitraum von 8 Tagen in einem Kabelkanal eines Schwerindustriebetriebes (Firma Thyssen A.G.)

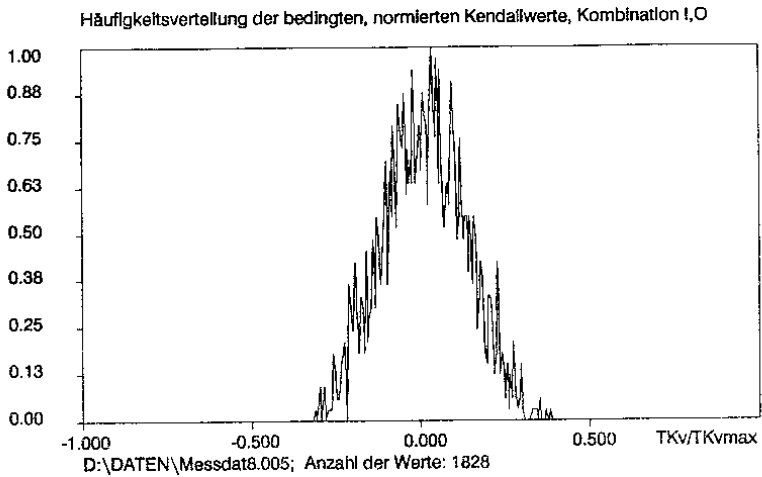


Abb. 4.3: Häufigkeitsverteilung der **bedingten** Verbund-Kendall Statistik für den gleichen Datensatz, wie bei Abb. 4.2. Sie enthält nur die Werte, bei denen die Bedingung  $TK_e(k)/TK_{e\max} < -0.4$  der Einfach-Kendall-Statistik für I erfüllt ist.

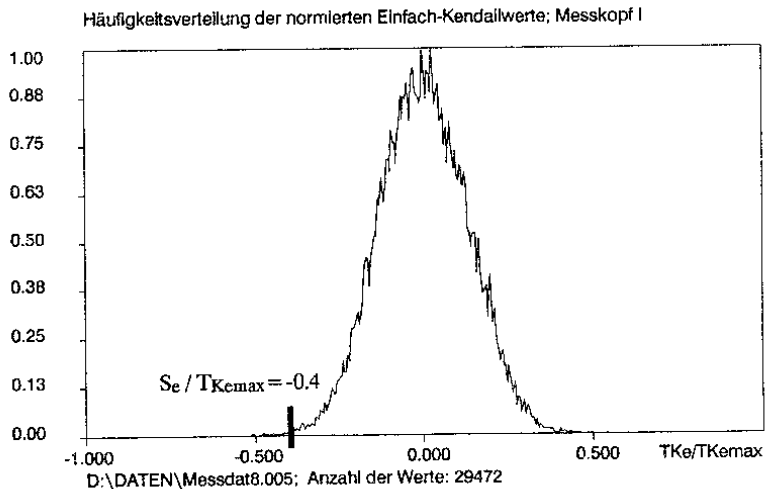


Abb. 4.4: Häufigkeitsverteilung der normierten Einfach-Kendall-Statistik  $TK_e(k)$  für den Rauchmeßkopf I, ermittelt mit dem gleichen Datensatz wie bei Abb. 4.2. Eingezeichnet ist der normierte Schwellenwert, dessen Unterschreitung die Aufnahme der Verbund-Kendallstatistik in Abb. 4.3 bedingt.

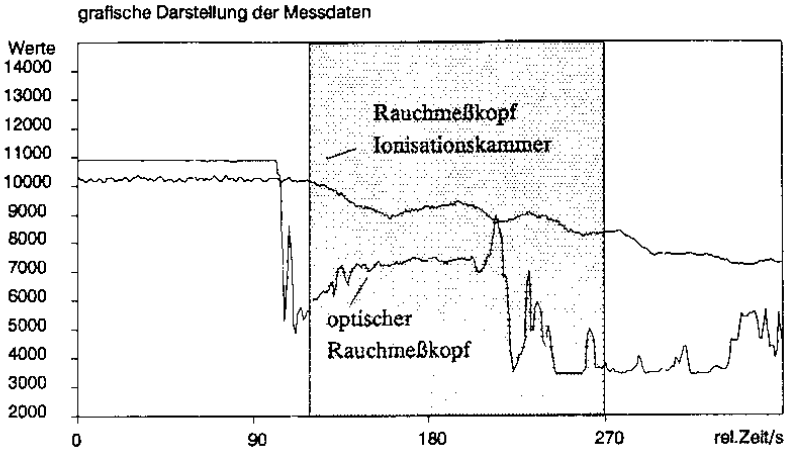


Abb. 4.5: Meßwertverlauf der Rauchmeßköpfe (I und O) in der Anfangsphase eines Schwelbrandes (TF 3). Schattiert eingetragen ist das für den Kendall Detektor verwendete, gleitende Beobachtungsfenster zum Zeitpunkt 270 sek.

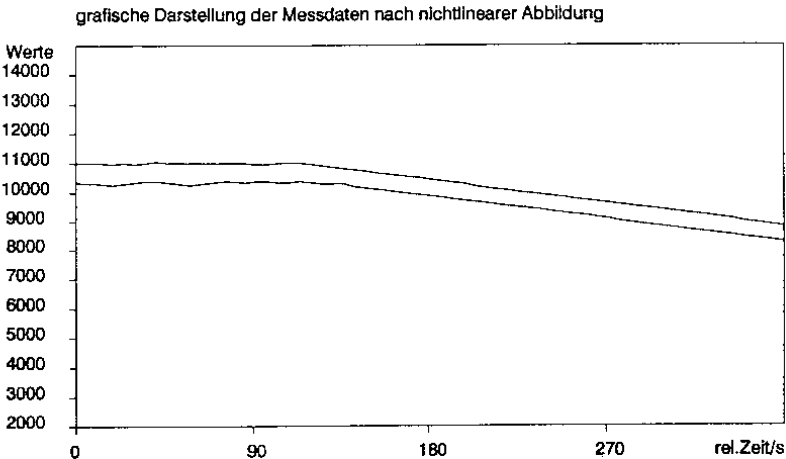


Abb. 4.6: Darstellung der Wirkung der nichtlinearen, gedächtnisbehafteten Abbildung gemäß Formel (4.11) auf je eine im 5 sek. Abtastraster ausgewählte Untermenge der in Abb. 4.5 gezeigten Signalverläufe des I- und O- Meßkopfes.



## 5. Zusammenstellung einiger Ergebnisse

Die in /2/ beschriebene Simulation von Brandkenngrößenverläufen ist zwar für jede beliebige einzelne hier diskutierte Brandkenngröße möglich, aber bislang noch nicht mit Verbundmodellen, bei denen die Kreuzkorrelationen zwischen den beteiligten Wertefolgen auch berücksichtigt werden. Aus diesem Grund konnte die Wirkungsweise der Verbundkriterialgorithmen im Vergleich zu den Einfachkriterialgorithmen nur anhand der aufgezeichneten Datensätze ermittelt werden, die bis zum Zeitpunkt der Erstellung des Manuskriptes ausgewertet werden konnten.

Bezogen auf jeden Meßkopftyp (I,O,T) erstreckte sich die Analyse unter Nichtbrandbedingungen über 1.85 Jahre Beobachtungszeit. Wegen dieses geringen Beobachtungszeitraums mußten die Schwellenwerte der verglichenen Algorithmen niedrig angesetzt werden, um überhaupt Schwellenwertüberschreitungen beobachten zu können. Bei den Verbund-Kendall-Detektoren wurde der Zusatzschwellenwert (Vergl. Entscheidungsregel) im Vergleich zum Einfach-Kendall-Detektor verringert. Die Ansprechempfindlichkeit der verschiedenen Detektionsalgorithmen wurde mit 3 Serien Brandversuchen mit den nach EN 54 genormten Testfeuern /3/ (TF 1 bis TF 6) geprüft.

Verglichen werden die oben beschriebenen Einfach- und Verbund-Kendall-Detektoren mit einem Einfach-Mittelwert-Detektor, der ausgestattet ist mit

- Schwellenwertnachführung bei extrem langsamen Veränderungen der Mittelwerte (Zeitkonstante 10 Stunden),
- Varianzabhängiger Schwellenwertnachsteuerung,
- linearer Vorfilterung der Eingangssignale.

Aus Zeitgründen können in diesem Vortrag die Details zu diesem Mittelwertdetektor nicht beschrieben werden.

Die Tabelle 5.1 faßt die erzielten Ergebnisse summarisch zusammen. Aufgetragen sind die Schwellenwertüberschreitungen der o.a. Detektoren, angewandt auf die Meßwertverläufe für I,O,T bzw. die Kombinationen IT, OT, IO, unter Brand- und Nichtbrandbedingungen sowie der zugehörige Beobachtungszeitraum, bezogen auf jeden Meßkopftyp. Der Index M bzw. K kennzeichnet Mittelwert- bzw. Kendall-Trend-Detektoren.

Vergleichbar ist bei den Einfach-Detektoren die Anzahl der Schwellenwertüberschreitungen bei gleicher Kenngröße (z.B.  $I_M$  mit  $I_K$ ).

Beim Vergleich der Verbund-Detektoren mit den Einfach-Detektoren ist die Anzahl der Schwellenwertüberschreitungen maßgebend, die bei einer UND-Verknüpfung der Einzelentscheidungen im günstigsten Fall hätten auftreten können, also die kleinere der beiden Zahlen einer entsprechenden Kombination.

**Tabelle 5.1**

Anzahl der Schwellenwertüberschreitungen der verschiedenen Detektionsalgorithmen unter

Brand- und Nichtbrand-Bedingungen.

Brandversuche: TP1 bis TP6 nach EN 54 (3 Serien)

Algorithmen: Mittelwert

Anlage Brandart	Mittelwert			Einfach-Kendall			Verbund-Kendall			Beob.-zeit
	IM	OM	TM	IK	OK	TK	ITK	OTK	IOK	

5	TP2,3	1524	2124	0	1661	1784	0	0	0	1700	468 min
5	TP1,4-6	2439	2329	2602	2758	1873	2232	2738	2691	1951	648 min

5	TP1-6	3963	4453	2602	4419	3657	2232	2738	2691	3651	1116 min
---	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	----------

Nichtbrandbedingungen (Ho)

Anlage Umgebung	Algorithmen: Mittelwert			Einfach-Kendall			Verbund-Kendall			Beob.-zeit
	IM	OM	TM	IK	OK	TK	ITK	OTK	IOK	

1	Tiefgarage	16	0	737	19	0	7	0	0	2	3282 h
2	Büro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2202 h
6	Klänik	120	218	34	0	0	0	0	0	3	2370 h
8	Thyssen	0	0	380	0	11	0	0	0	0	8304 h

Summe		136	218	1151	19	11	7	0	0	5	16084 h
Alarme		10	24	16	5	3	1	0	0	2	16084 h

*Der Vergleich unter Brandbedingungen zeigt, daß alle Detektoren etwa gleich empfindlich reagieren. Detailliertere Aufschlüsselungen zeigen darüberhinaus, daß bei Brandversuchen, bei denen eine der betrachteten Kenngrößen sehr schnell ihren Extremwert erreicht, der Einfach-Mittelwertalgorithmus schneller reagiert als die Kendall-Algorithmen. Grund dafür ist, daß bei der gewählten Beobachtungsfensterlänge von 2 1/2 min für die Kendall-Algorithmen eine Mindestverzögerung der Entscheidung von 1 bis 2 Minuten unvermeidlich ist.*

*Der Vergleich unter Nichtbrandbedingungen zeigt, daß die Schwellenwerteneinstellungen bei allen Detektoren für eine Büroumgebung geeignet wäre, aber bei den z.T. extremen Umgebungsbedingungen in den anderen Anlagen zu Fehlalarmen geführt hätten. Dabei ist zu beachten, daß nicht notwendig jede Schwellenwertüberschreitung einen Fehlalarm kennzeichnet, weil ein Alarm viele unmittelbar nachfolgende Schwellenwertüberschreitungen enthalten kann.*

*Die unterste Zeile zeigt die Anzahl der zugehörigen Fehlalarme. Dabei wird ein neuer Fehlalarm dann gezählt, wenn die Zeitspanne zwischen der letzten und einer weiteren Schwellenwertüberschreitung größer als 5 min. ist.*

Diese noch vorläufige Untersuchung mit unangepaßten Schwellenwerten für die entsprechende Umgebung zeigt, daß der beschriebene Verbund-Kendall-Detektor für alle Kombinationen in der Tendenz bessere Eigenschaften hinsichtlich des Fehlalarmverhaltens zeigt als die Einfach-Kriterien-Detektoren. Deutlich wird auch, daß die Kombination Rauchmeßkopf, Temperatur (IT,OT) unanfälliger für Fehlalarme ist als die Kombination zweier Rauchmeßköpfe mit unterschiedlichem Meßprinzip (IO). Eine mögliche Erklärung dafür ist, daß Störeinflüsse wie z.B. Staub beide Rauchmeßkopftypen beeinflussen, nicht aber die Temperatur.

## 6. Zusammenfassung

Es wurde über die notwendigen Modifikationen zur Anwendung des Einfach- und Verbund-Kriterien-Detektionsalgorithmus vom Kendall-Tau Typ für Brandentdeckungszwecke berichtet, die Wirkungsweise demonstriert und anhand von Datensätzen, die unter realistischen Umgebungsbedingungen in verschiedenen Umgebungen aufgezeichnet wurden, die tendenzielle Wirksamkeit in Bezug auf das Alarm- und Fehlalarmverhalten untersucht. Die angegebene Zahl der falschen Alarme in dem Untersuchungsbeispiel wäre für praktische Anwendungen natürlich noch viel zu groß. Sie wurde durch bewußt niedrige, unangepaßte Alarmschwellenwerte in Kauf genommen, um bei dem durch die vorhandenen Datensätze noch unzureichend kleinen Beobachtungszeitraum wenigstens in der Tendenz die Wirksamkeit verschiedener Detektionsalgorithmen beurteilen zu können.

Mit einer Simulationsmethode, die auch die Abhängigkeiten verschiedener Wertefolgen untereinander berücksichtigt, wären auch für Verbundkriterienalgorithmen quantitative Aussagen für wesentlich größere Beobachtungszeiträume möglich.

Die in diesem Vortrag beschriebenen Detektoren, der kurz erwähnte "Mittelwert-detektor" und die Auswertung weiterer Kriterien, über die hier aus Zeitgründen nicht berichtet werden konnte, wurden als Programm für einen Personal-Computer entwickelt. Dieses Programm erlaubt "offline" anhand aufgezeichneter Datensätze und auch "online" für alle 36 Meßköpfe einer Anlage:

- die gleichzeitige Beobachtung und Entscheidungen nach verschiedenen Kriterien,
- über die Verwendung von Verbundkriterienalgorithmen hinaus die Verknüpfung von Einzelentscheidungen zu Mehrkriterienentscheidungen,
- räumliche Verknüpfungen von Einzelentscheidungen verschiedener Meßkopfgruppen,
- detailliertere Meldungen (Warnungen, Alarme, Hinweise)

Damit soll gezeigt werden, daß auch aufwendigere Detektionsalgorithmen bei den heute zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln anwendbar sind.

### Literaturverzeichnis

- /1/ Post, O. Ein Meßwert- und Registriersystem für Brandkenngrößen  
Tagungsbericht zur AUBE '89; Universität Duisburg; FRG
- /2/ Klose, J. Analyse und Simulation von Brandkenngrößenverläufen.  
Tagungsbericht zur AUBE '89; Universität Duisburg; FRG
- /3/ Comite Europeen de Normalisation CEN  
Europäische Norm EN 54  
Bestandteile automatischer Brandmeldeanlagen Teil 9



Yoshiaki OKAYAMA

Nohmi Bosai Ltd., Chiyoda-ku, Tokyo 102, Japan

A PRIMITIVE STUDY ON FIRE DETECTION METHOD CONTROLLED BY  
ARTIFICIAL NEURAL NET

§ 1. INTRODUCTION

New types of analog addressable sensors have been introduced into the fire detection field since several years. Unlike conventional fire detectors, those sensors have a function to send analog data to fire control panels, and it is expected that more accurate and precise 'fire' judgement can be made on the basis of these data from the sensors. Despite this, these analog data have not been utilized effectively to this date. No effective method of achieving accuracy of the 'fire' decision with analog data have yet been found. One of the reasons for this is that the analog sensor system is not capable of satisfactorily coping with a wide variety of fire phenomena.

Extensive studies have recently been made as to application of the artificial intelligence (AI) in the world.<sup>1)</sup> Even if this AI technology is introduced into the fire detection field, it is necessary to process a great deal of analog data and find the essential information. The expert system developed just recently employs a pattern-matching method which however is not suited for collating plural analog data, and as a consequence it is difficult to output analog value.

In 1986 Rumelhart proposed a mean employing the artificial neural net to resolve those problems. His proposed back-propagation method is really effective to deal with analog values.<sup>2)</sup> Even if sufficient knowledge is not given to the neural net, it is capable of changing the weights of the strings between input and output to satisfy the definitions of the insufficient knowledge. Furthermore, the learned net is able to respond to unknown combination of inputs. It features to improve its own capability by repeatable definition when

the calculated results are far away from expectation. The back-propagation method differs in those points from the definitions used by the conventional pattern-matching method, and is capable of flexibly coping with changes in definitions.

Therefore the author has made a study as to whether it would be possible to offer a 'fire' decision of higher accuracy when this 'fire' decision is to be controlled by neural net combined with the analog sensor system in the future.

## § 2. Feature of Neural Net

- (a) The neural net is made of three-layer structure: input layer, hidden layer and output layer. By increasing the number of the hidden layer as required, higher accuracy of the output result can be achieved.
- (b) When teacher signals are given to the input layer and output layer, the net changes the strength of strings between the layers to adapt themselves to the definitions. Therefore the more frequently the net learns the definitions, the wiser it becomes.
- (c) In the learned net, the result is shown by simple equations after input, and the net has no algorithm in it.
- (d) The relationship between the input and output can be found from the strength of the strings between the layers.

## § 3. Adjustment of Neural Net

Firstly the adjusting means gives weight to the strings in such a way as will minimize the total error-value for the input and output values shown in the definition table, and eventually transforms the content of the definition table to strength of strings in the signal processing net. Once the signal processing net, i.e. neural net has been formed, it is able to give expected output values against al-



most all input values so that it can also cope with undefined combinations of inputs and show results close to expected ones.

When defining the relationship between the input and output, it is not necessary to define all combinations of values, but only important points. If it is necessary to describe in detail the specific point especially where the output value greatly changes with slight change of the input or the regions of the minimum point and maximum point, one can precisely define these regions and roughly define the other regions.

Any change in the definition table, if required, can readily be made by adjusting means. In other words more accurate judgement and risk evaluation can be made by changing the definition.

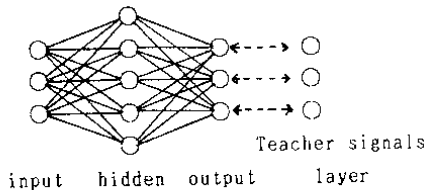


Fig.1 Neural net structure

Fig.1 shows an assumed net structure. The three inputs: IN1, IN2 and IN3 on the left are called input layers to which signals initiated by the smoke sensor, temperature sensor and gas sensor and converted to 0-1 values in this embodiment are sent. The OT1, OT2 and OT3 layers on the right are called output layers which indicate fire probability, fire risk and smouldering fire probability with the numerals 0 ~ 1. The hidden layers: IM1-IM5 are sandwiched between the input layers and output layers, and receive the signals from the input layers, and send them to the output layers. The signals are always transmitted from the input layers toward the output layers and never go backward nor combine with each other within the same layer. Furthermore, there should be no direct combination between the input and output layers. Accordingly, there are fifteen signal lines between the input and hidden layers, and also between the hidden and output layers as shown in Fig.1. Now, the weighted values between

$IN_i$  and  $IM_j$ , and between  $IM_j$  and  $OT_k$  are expressed by symbols  $W_{ij}$  and  $V_{jk}$  respectively.  $W_{ij}$  and  $V_{jk}$  are able to take positive, zero and negative values. When the input value in the input layer  $IN_i$  is expressed as  $IN_i$ , the sum  $NET1(J)$  of the inputs to the hidden layers is:

$$NET1(J) = \sum_{i=1}^m (IN_i \cdot w_{ij}) \quad (\text{equation 1})$$

This value  $NET1(J)$  is converted to 0-1 by sigmoid function, and the result is shown as  $IM_j$

$$IM_j = \frac{1}{1 + \exp(-NET1(j) \cdot r_1)} \quad (\text{equation 2})$$

Similarly the sum  $NET2$  of the inputs given to the output layer  $OT_k$  is:

$$NET2(k) = \sum_{j=1}^n (IM_j \cdot V_{jk}) \quad (\text{equation 3})$$

$NET2(k)$  is converted 0-1 value like equation 2 and the result is shown as equation 4.

$$OT_k = \frac{1}{1 + \exp(-NET2(k) \cdot r_2)} \quad (\text{equation 4})$$

The relationships between the input values:  $IN_1$ ,  $IN_2$ ,  $IN_3$  and output values:  $OT_1$ ,  $OT_2$ ,  $OT_3$  in Fig.1 are shown by equations 1-4 using weighted values, where  $r_1$  and  $r_2$  are coefficient adjusting slants of the sigmoid function curve, which are properly selected in this embodiment as being 1.0 and 1.2 respectively.

The Definition Table 1 shows twelve patterns between three inputs and three outputs, which  $IN_1$ ,  $IN_2$  and  $IN_3$  represent the level of smoke sensor, temperature sensor and gas sensor respectively. For

example, when the m-th input pattern is given to the input layer, the actual outputs: OT1, OT2 and OT3 calculated using the equations 1-4 are compared with each teacher signal output: T1, T2 and T3 shown on the right side of Fig.1. The sum  $E_m(m=1-14)$  of the errors in the output layers is shown with the following equation.

$$E_m = \sum_{k=1}^3 \frac{1}{2} (OT_k - T_k)^2 \quad (\text{equation 5})$$

The total value of the summed up errors  $E_m$  with respect to the twelve patterns shown in Table 1 is as follows.

$$E = \sum_{m=1}^{12} (E_m) \quad (\text{equation 6})$$

Lastly each weighted string value such as  $V_{jk}$  and  $W_{ij}$  is repeatedly adjusted to minimize the E value in equation 6.

After adjusting the weighted strings values individually, the smoke sensor, temperature sensor and gas sensor levels are given to the input layers of the neural net, and then the net calculates output values using equations 1-4. Finally the 'fire' judgement is made by comparing the calculated values with the criteria of fire probability, and fire risk and smouldering fire probability respectively.

#### § 4. Concrete Examples using Neural Net

The preceding paragraph described the definitions of the neural net and its learning. In this paragraph the author will discuss how to use the neural net to make 'fire' judgement, and describe concrete plans.

In the following case studies specific input data to neural net and information obtainable therefrom as outputs were defined in the net, by which fire data were processed. Although these definitions taken

up as examples were not necessarily correct, it was found that the neural net were not always correct but seemed to work efficiently even with very small number of definition patterns.

#### 4-1 Case Study 1

This case study was intended to obtain fire probability, fire risk and smouldering fire probability by using three kinds of sensors, i.e. smoke sensor, temperature sensor and gas sensor. The net was made of three input neurons, five hidden neurons and three output neurons.

A photoelectric smoke sensor was used as smoke sensor with its 0 ~ 1 value corresponding to 0-20 %/m. The temperature sensor indicated a rate of temperature rise per minute with its range 0-1 corresponding to 0-10 °C/min. As gas sensor a carbon monoxide (CO) sensor was used, and its range 0-1 corresponding to 1-100 ppm.

For combination of 0-1 values representing the inputs of the smoke, temperature and gas sensors, fire probability, fire risk and smouldering fire probability were indicated with 0-1 values. The closer the output value approached 1, the higher probability became.

There were twelve definitions in Table 1. It can be seen as compared the actual outputs with the ones defined in Table 1 that the neural net learning these definitions decreased the errors to satisfy all the definitions. Table 2 shows the strength of the strings after the neural net has learned the definitions. Since it is difficult to know from the definition table precise results of the calculations against the actual inputs of three kinds of sensors, three dimensional results are shown in Fig.2, 3 and 4. Although the values used in this definition had no actual proof, it seemed to be possible to define the relationship between the input and output of each sensor in twelve patterns by experiment and simulation. Some irrational spots were found when the results of the calculations in the net were exhibited graphically. In that case, the defined values around the spots in question might have been irrational, and could therefore be improved by rewriting the definitions in the neu-

ral net.

#### 4-2 Case Study 2

In this case study sensor level and slope of sensor level per unit time were defined against fire probability as output. The net was made of two input neurons, four hidden neurons and two output neurons. The sensor used in this study was a photoelectric smoke with its 0-1 values corresponding to 0-20 %/M and the slope of sensor level 0-1 corresponding to 0-20 %/m/min.

In Definition Table 4, relatively high fire probabilities were indicated for the inputs of a high sensor level and a little positive slope of level. In other words it was considered that the fire occurrence rate would be high in case the sensor level was gradually increasing. On the contrary, low fire probabilities were given in the case of high sensor level but great positive slope. When the sensor level is high but the slope is falling, the smoke density is decreasing, and therefore the fire probability is relatively low. If the definitions in eighteen patterns are given to the neural net as shown in Table 4, the inputs of the sensor and the slopes of the sensor levels in different combinations take the forms as shown in Fig.6, wherein X, Y and Z axis indicate sensor levels, sensor level slope and fire probability respectively.

Initially, the definitions were made in sixteen patterns as shown in Table 3, and the results shown in Fig.5. In this table there is only one pattern in which the sensor level slope becomes negative. In this case, the negative portion of the sensor level is inaccurate. So, if the number of definitions in the negative portion of the slope is increased and stored in the neural net (Table 4), the results change as shown in Fig.6.

As can be seen, it is possible to revise the definitions themselves from previous results if the results are inaccurate due to insufficient number of the definitions themselves.

#### 4-3 Case Study 3

This case study was to define sensor level, and duration after the sensor levels have been exceeded as inputs, and fire probability as output. The net was made of two input neurons, four hidden neurons and one output neuron. The sensor used in this study was a photoelectric smoke sensor with its output value 0-1 corresponded to 0-20 %/m, and duration 0 ~ 1 corresponded to 0-60 sec.

Fire probability was defined to be 0 even if a sensor level of about 0.1 continued for a long time. For the sensor level of 0.2, fire probability was determined to be a low value 0.1 for a short time, but increased for a long time. On the other hand, when the sensor level was higher, fire probability was determined to be higher even for a short time. There were ten patterns in Table 5. With the three-layer structure neural net made of two input neurons, four hidden neurons and one output neuron, and learned of these patterns, the strength of the strings between the neurons were shown in Table 6. W24 and V21 of those strings were in the almost uncombined state. When a string has a large positive value, it can work to cause the next neuron to be very excited. On the contrary, a string having a negative value suppresses excitement of the next neuron. A neuron in the hidden layers collects many signals from the preceding neurons and processes them through nonlinear function and then gives results to the next neuron. In this manner, the values which were given to the input and output layers as definitions were translated to a combination coefficient between the neurons and stored in the net.

#### 4-4 Case Study 4

This case study was made with On/Off signals of ventilation added to the case study (3). In ventilated room condition, smoke from fire can hardly accumulate, and this results in the delay of making 'fire' judgement. More precise 'fire' judgement could be expected by changing the definitions for fire probabilities and fire risks according to status of ventilation. The net was made of three input

neurons, six hidden neurons and two output neurons.

Concretely the neural net learned the definitions shown in Table 7. In this table higher fire probability and fire risk were given for the case with ventilation than that without ventilation while the sensor level and duration were the same in the both cases. Comparing these two cases in ventilated condition and non-ventilated condition, one can see that there were no marked changes of fire probability and fire risk, but some difference in the values. It is possible to make more precise definitions by defining the ventilation rate. Ventilation caused changes in results as shown in Fig.8, 9, 10 and 11.

In this case, it was feasible to add defined patterns in different ventilating condition without marked increase of patterns in the present definition table.

.....

Through the case studies (1)- (4), the defined input and output values were converted to combination forces of the neurons in the three-layer structure neural net. While it is difficult to associate the contents of the definition table by merely looking at these combination forces, one can find a character of the neural net. Therefore the definition table was converted to a form of combination forces of the neurons so that the net could immediately start calculation with inputs and give results without any reference. Conventional expert systems require that the definitions be broken down, further classified and stored in files or software programs. In addition, when data are given to an expert system, it takes a long time to refer them to the files and to reach a conclusion.

Especially if the definitions are irrational, there is a possibility that people give up to further proceed already at the stage of classifying the definitions. On the contrary, the neural net has a strong characteristic to convert any definition in the table to combination force of the neurons if calculated output errors can be disregarded. The neural net has such an advantage that it draws out

results in its own way with respect to complicate matters or those of imperfect knowledge like fire phenomena. If the neural net is used in a small size system, it will work quite effectively. However, it is necessary to watch the development of the future research before any conclusions can be made, i.e. up to what size of system the neural net can be adopted, or what sort of tasks in fire protection field it will be suited. While it has been found the neural net can be used as effective means to make a 'fire' judgement, there may still remain some rooms to discuss as to whether the net will be able to make precise definitions in practice. Nevertheless the author feels that the neural net will become one of effective technologies to break through the deadrock in the current technology.

It would also seem to be possible that fire probability will be drawn out from the total information including status of air-conditioning, ventilation, lighting and presence of people in the future though 'fire' judgement has so far been made on the basis of the inputs from fire sensors alone. For further development of the neural net, a net being capable of accepting time-series data will be needed. The increased inputs into the net will be processed by neural net integral circuit which is now being studied extensively<sup>23-4)</sup>. In this case, the learned contents of the definitions will be stored in the neural net IC, and 'fire' judgement will be made on the basis of the input data.

## § 5. CONCLUSION AND DISCUSSION

The fire detection method which uses the neural net basically differs from conventional one, and fire detection ability depends greatly on definitions of inputs and outputs. Therefore if definitions are carefully formulated, they will increase the reliability for fire detection and enable kinds of fires and fire risk to be detected in a region close to the human sense. Therefore, a fire control panel employing a neural net will bring about a better man-machine interface.

Since the definitions, once formulated, are converted to combina-



tion forces of the neurons, it is able to immediately give a suitable answer without any reference to stored data when an input is given to the net. It has been found through the investigation of its primitive features that the neural net will be one of promising fire detection methods.

Therefore, by using the neural net in the system which gives 'fire' decision on the basis of sensors data, it is possible to give an answer through the calculation by the net alone in response to complicated combination of inputs. The neural net is especially effective in case prompt and proximate answers, not precise ones are required. Like human being it also gives in its own way an answer to a combination of inexperienced inputs on the basis of the learned knowledge.

While a study has been made as to how the neural net can be used for fire detection as one of the AI technologies, it is necessary to define somewhere the relationship between the sensor data and fire or non-genuine fire regardless of what AI technology is adapted. From now on we shall have to direct our efforts toward reviewing the knowledge which we have obtained hitherto with respect to fire and setting figures in the definition table.

In the conventional fire detection system observing fire phenomena through fire sensors, the output value from a sensor is compared somewhere with the threshold value to obtain a final output in ON/OFF form. However, it is possible to define analog values as outputs by analysing data obtained from experiments if there are few definition patterns. The author is asking himself if it would be possible to detect fire phenomena in the region closer to the human sense by combination of the input and output definitions.

#### § 6. ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to thank Executive Vice-President J. UNOKI for giving an opportunity to present this paper.

§ 7. REFERENCES

- 1) D.E. Rumelhart, G.E. Hinton, and R.J. Williams,  
"Learning Internal Representations by Error Propagation"  
Parallel Distributed Processing: Explorations in the  
Microstructure of Cognition. Vol. 1: Foundations. MIT Press  
(1986)
- 2) Mead, C.A. and Mahowald, M.A., "A Silicon Model of Early Visual  
Processing," Neural Network, vol. 1, pp91-97, 1988
- 3) Schwartz, D.B. and Howard, R.E., "A Programmable Analog Neural  
Network Chip," IEEE 1988 Custom Integrated Circuits Conference,  
no.10.2, May 1988
- 4) Mann, J., Lippmann, R., Berger, B. and Raffel, J., "A Self-  
organizing Neural Net Chip," ibid no.10.3, May 1988

Table 1 Definition Table

( D:Definition Value, R:Result of Calculation )

NO	Input			Output					
	Smoke sensor	Temperature sensor	Gas sensor	Fire probability		Fire risk		Smouldering fire probability	
				(D)	(R)	(D)	(R)	(D)	(R)
1	0.1	0	1	0.7	.661	0.6	.702	0.9	.802
2	0.3	0.5	1	0.9	.885	0.9	.889	0.1	.037
3	0.1	0	0.2	0.3	.254	0.2	.187	0.4	.289
4	0.5	0.1	0.8	0.8	.829	0.8	.786	0.7	.722
5	0	0.3	0.1	0.1	.094	0.1	.098	0.1	.000
6	0	0	1	0.4	.453	0.7	.588	0.3	.376
7	0	1	0	0.2	.190	0.3	.307	0.05	.000
8	0.3	0.2	0.5	0.7	.781	0.6	.701	0.3	.247
9	0.6	0.8	0.8	0.95	.902	0.95	.904	0.05	.073
10	0.2	0	0.3	0.6	.542	0.4	.431	0.75	.756
11	0.1	0	0.1	0.1	.189	0.05	.119	0.1	.205
12	0.4	0.2	0	0.7	.714	0.65	.529	0.2	.260

Table 2 Strength of Strings  
( result obtained by 183 caculations )

W	input-hidden layer	V	hidden-output layer
$W_{11}$	-9.93	$V_{11}$	-5.02
$W_{21}$	5.83	$V_{21}$	-3.68
$W_{31}$	8.95	$V_{31}$	-7.79
$W_{12}$	0.43	$V_{41}$	2.07
$W_{22}$	-1.32	$V_{51}$	3.38
$W_{32}$	-0.16	$V_{12}$	1.99
$W_{13}$	1.13	$V_{22}$	-0.38
$W_{23}$	-5.93	$V_{32}$	-1.17
$W_{33}$	9.94	$V_{42}$	2.72
$W_{14}$	-1.24	$V_{52}$	0.26
$W_{24}$	-1.09	$V_{13}$	-0.37
$W_{34}$	4.10	$V_{23}$	-5.97
$W_{15}$	0.04	$V_{33}$	-3.02
$W_{25}$	-0.62	$V_{43}$	-4.98
$W_{35}$	-0.92	$V_{53}$	0.87

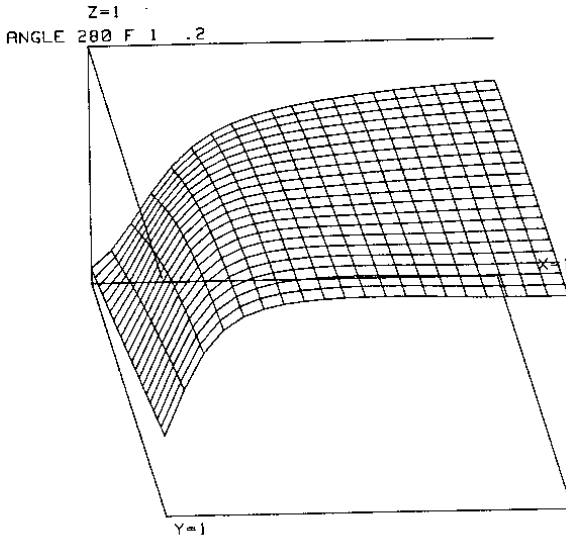


Fig.2 Fire probability shown as height of Z axis at gas sensor level 0.2  
(X:smoke sensor level Y:rate of temperature rise)

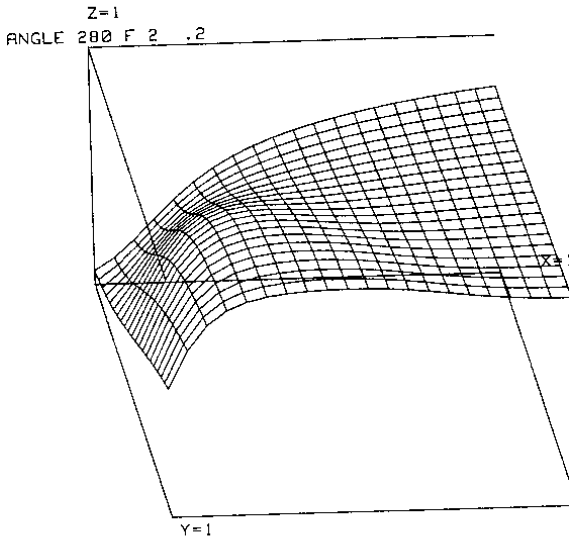


Fig.3 Fire risk shown as height of Z axis at gas sensor level 0.2  
(X:smoke sensor level Y:rate of temperature rise)

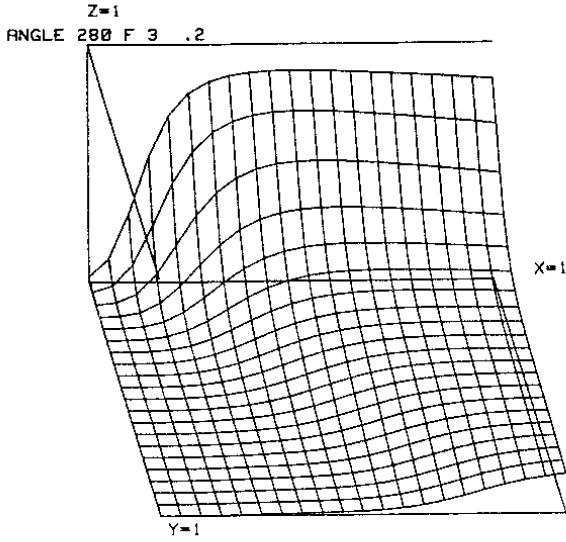


Fig.4 Smouldering fire probability shown as height of Z axis at gas sensor level 0.2  
(X:smoke sensor level Y:rate of temperature rise)

Table 3 Definition and Result  
(result obtained by 1232 calculations)

NO	Input		Output	
	Sensor level	Slope of level	Fire probability	
			Definition	Result
1	0.2	0.1	0.3	0.286
2	0.4	0.1	0.6	0.637
3	0.1	0.1	0.1	0.078
4	0.4	-0.1	0.4	0.393
5	0.3	0.3	0.4	0.413
6	0.5	0.1	0.7	0.726
7	0.4	0.4	0.5	0.459
8	0.6	0.1	0.8	0.782
9	0.2	0.4	0.3	0.283
10	0.6	0.6	0.4	0.478
11	0.3	0.6	0.4	0.356
12	0.4	0.6	0.45	0.409
13	0.05	0.05	0.05	0.023
14	0.8	0.2	0.9	0.849
15	0.1	0.8	0.1	0.142
16	0.1	0.5	0.1	0.129

Table 4 Definition and Result  
 ( Result obtained by 627 calculations )

NO.	Input		output	
	Sensor level	Slope of level	Fire probability	
			Definition	Result
1	0.2	0.1	0.3	0.265
2	0.4	0.1	0.6	0.586
3	0.1	0.1	0.1	0.100
4	0.3	0.3	0.4	0.456
5	0.5	0.1	0.7	0.705
6	0.4	0.4	0.5	0.481
7	0.6	0.1	0.8	0.798
8	0.2	0.4	0.3	0.298
9	0.6	0.6	0.4	0.401
10	0.3	0.6	0.4	0.403
11	0.4	0.6	0.45	0.439
12	0.05	0.05	0.0	0.039
13	0.8	0.2	0.9	0.893
14	0.1	0.8	0.1	0.085
15	0.1	0.5	0.1	0.112
16	0.2	-0.2	0.1	0.072
17	0.4	-0.1	0.3	0.340
18	0.6	-0.3	0.35	0.336



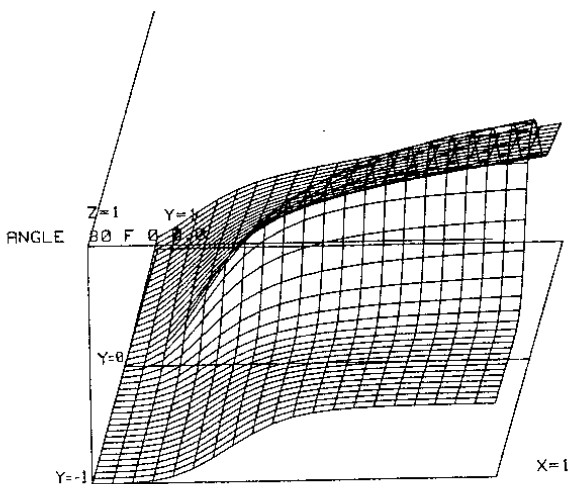


Fig. 5 Fire probability shown as height of Z axis in Table 3  
(X:sensor level Y:slope of sensor level)

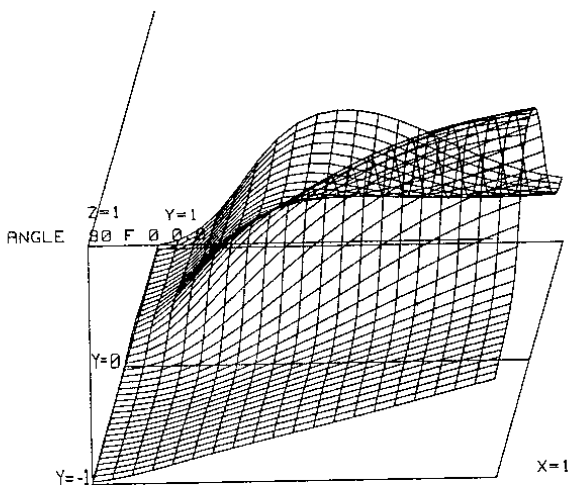


Fig. 6 Fire probability shown as height of Z axis in Table 4  
(X:sensor level Y:slope of sensor level)

Table 5 Definition and Result  
(Result obtained by 334 calculations;D=definition,R=result)

NO.	Input		Output	
	Sensor level	Duration	Fire probability	
			( D )	( R )
1	0.2	0.05	0.1	0.087
2	0.2	0.65	0.5	0.501
3	0.2	1.0	0.6	0.605
4	0.3	0.3	0.7	0.691
5	0.4	0.2	0.7	0.728
6	0.5	0.2	0.8	0.752
7	0.6	0.1	0.8	0.645
8	0.6	1.0	0.9	0.888
9	0.05	0.05	0.0	0.000
10	0.05	1.0	0.0	0.007

Table 6 Strength of strings

W	Input-hidden layer	V	Hidden-output layer
$W_{11}$	-9.2180	$V_{11}$	-14.1912
$W_{21}$	-1.4845	$V_{21}$	0.0845
$W_{12}$	-2.4961	$V_{31}$	1.7182
$W_{22}$	0.9826	$V_{41}$	-12.1847
$W_{13}$	-2.8283		
$W_{23}$	9.1476		
$W_{14}$	-12.1423		
$W_{24}$	-0.0735		

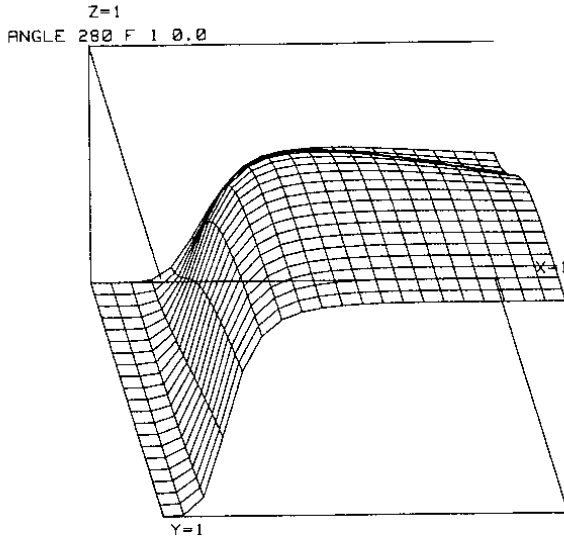


Fig.7 Fire probability shown as Z axis  
(X:sensor level Y:duration after sensor levels has  
been exceeded)

Table 7 Definition and Result

( Result obtained by 407 calculations )

D: definition R: result

no	Input			Output			
	Sensor level	Duration	On/off ventilation	Fireprobability		Fire risk	
				( D )	( R )	( D )	( R )
1	0.05	1.0	0	0.05	0.066	0.05	0.044
2	0.05	0.1	0	0.05	0.009	0.05	0.002
3	0.2	0.3	0	0.3	0.308	0.2	0.192
4	0.4	0.1	0	0.3	0.334	0.2	0.198
5	0.6	0.6	0	0.8	0.805	0.9	0.885
6	0.5	0.1	0	0.35	0.301	0.2	0.215
7	0.2	1.0	0	0.6	0.586	0.6	0.607
8	0.05	1.0	1	0.05	0.026	0.05	0.060
9	0.2	0.3	1	0.6	0.608	0.7	0.688
10	0.3	0.6	1	0.8	0.793	0.85	0.863
11	0.5	0.1	1	0.2	0.178	0.2	0.217
12	0.4	0.3	1	0.7	0.715	0.8	0.789
13	0.8	0.0	1	0.1	0.116	0.2	0.193
14	0.8	0.0	0	0.05	0.085	0.1	0.091

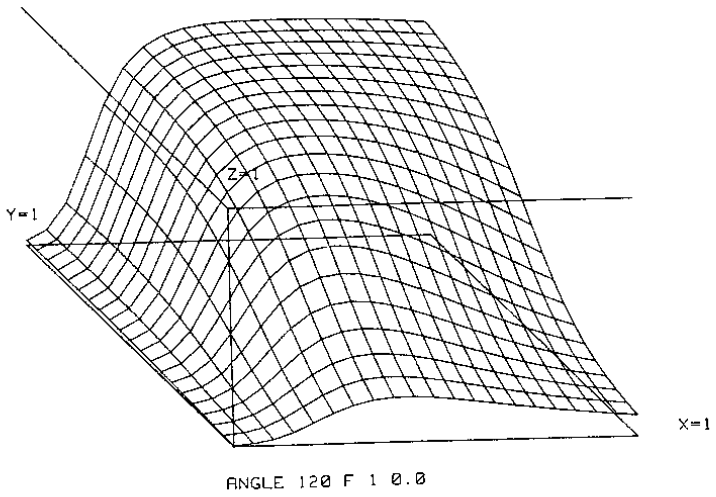


Fig.8 Fire probability shown as height of Z axis during no-ventilation ( X:sensor level Y:duration )

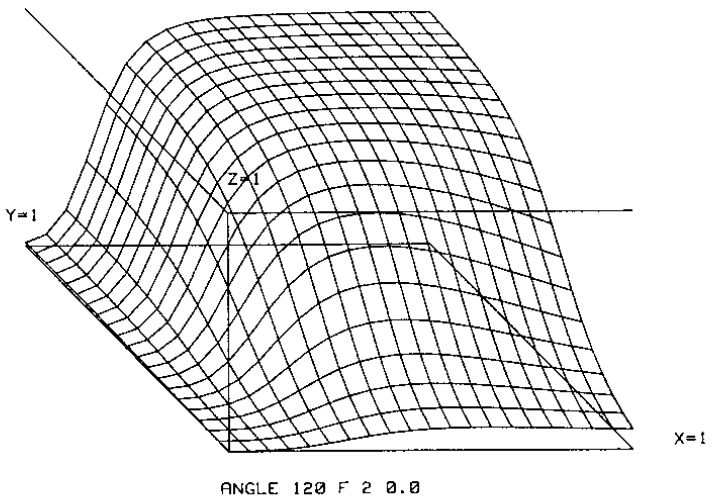


Fig.9 Fire risk shown as height of Z axis during no-ventilation ( X:sensor level Y:duration )

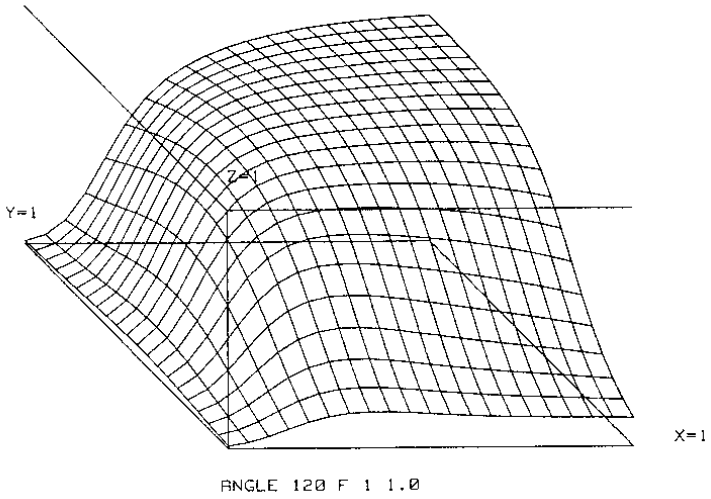


Fig.10 Fire probability shown as height of Z axis during ventilation  
( X:sensor level Y:duration )

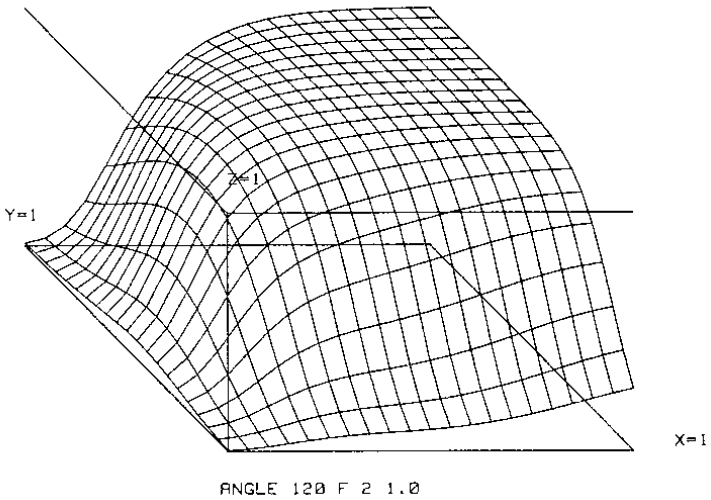


Fig.11 Fire risk shown as height of Z axis during ventilation  
( X:sensor level Y:duration )

J A Harwood<sup>x</sup>, P T Moseley<sup>+</sup>, R Peat<sup>+</sup>, C A Reynolds<sup>x</sup>

<sup>+</sup> Harwell Laboratory, Oxfordshire, U.K.

<sup>x</sup> Scientific Research and Development Branch, STG, Home Office, U.K.

THE USE OF LOW POWER CARBON MONOXIDE SENSORS TO PROVIDE EARLY WARNING  
OF FIRE

**Introduction**

There is a continuing demand for improvements in the standards of protection provided by fire detection systems. Shortcomings in presently available equipment arise out of the potentially conflicting requirements for high sensitivity - so that no type of fire is allowed to pass undetected - and for the lowest possible incidence of false alarms.

At present three types of fire detection principle are in general use and each has its own limitations;

- Light sensors may detect flame rapidly, but can be obscured by smoke in a smouldering fire.
- Heat detectors, although used to trigger sprinkler systems, do not give sufficiently early warning.
- Smoke detectors are quite sensitive, but can be triggered by airborne particles other than smoke or by insect infestation and are ineffective in the case of fires generating little smoke - e.g. alcohol.

An alternative to these methods would be to exploit a means of detecting the Gaseous products of combustion. Almost all fires involve the incomplete combustion of organic material and hence produce significant quantities of carbon monoxide<sup>(1)</sup>. Indeed the production of carbon monoxide often occurs at an earlier stage than the generation of flame or smoke<sup>(2)</sup> and thus provides the earliest

possible warning of the outbreak of fire.

Carbon monoxide can be successfully detected by semiconductor gas sensors at concentrations in air down to a few parts per million - well below the levels normally generated by fires. Further, the passage of gas molecules from a source to a detector is governed only by diffusion so that the gas sensor is less likely to be rendered inoperable by unfavourable convection currents - as can happen with smoke detectors.

Semiconductor gas sensors are extremely simple. They consist of high surface area ceramic elements that exhibit atmosphere dependent resistance. They are small, robust and inexpensive. They are already in use in Japan to provide early warning of hydrocarbon gas leaks and have been shown to detect CO readily in a variety of combustion gases<sup>(3)</sup>.

As part of a previous programme of research, eight commercially available fire detection devices were tested by SRDB. Six fire tests were carried on the detectors in accordance with British Standard 5445 Part 9<sup>(5)</sup>. The carbon monoxide sensor tested had an operating temperature of approximately 300°C.

The eight detectors tested comprised ; a heat sensor, a beam-smoke sensor, an ultra-violet flame sensor, a beam heat sensor, a low sensitivity ionisation sensor, a low sensitivity optical sensor, a unipolar ionisation sensor and a carbon monoxide sensor. The Carbon Monoxide sensor was the only device of those tested to show an adequate response to all of the six standard fires (Figures 1 and 2).

Further tests were carried out to assess the susceptibility of the sensors to false alarms from non-fire conditions. The tests comprised:

- 1) Burning milk - 5mls of milk placed on a hotplate and heated to 600°C to simulate the effect of a small spillage prior to heating milk,



- 2) Air velocity - detectors were placed at various orientations in wind speeds of up to 16 knots,
- 3) Smouldering cigarettes - 30 cigarettes in batches of 5 were left to smoulder 0.5 metres below the detectors,
- 4) Toasting bread - two slices of white bread were heated until charred, although no flaming occurred,
- 5) Humidity - a 3kW kettle was boiled so that humidity in the test room was kept at 95% for 5 minutes.

The carbon monoxide sensor was susceptible to cigarette smoke but was hardly affected by any of the other tests, reinforcing it's viability as a fire detector

However the conventional semiconductor gas sensor, which is made from tin dioxide, does however exhibit two characteristics that are less than ideal for the fire detection task. Tin dioxide sensors respond to a wide range of gases in addition to carbon monoxide and, as indicated, they operate at temperatures of 300°C or above so that they require a significant power source.

In order to perform the fire detection function a gas sensor is required to respond to carbon monoxide with no likelihood of interference and, ideally, should have sufficiently modest power requirements that it could be operated from a battery, like a smoke detector.

Recent work at Harwell<sup>(4)</sup> has shown that a variant of the semiconductor gas sensor, in which the oxide surface is decorated with a light coating of precious metal particles, has the facility to detect carbon monoxide at room temperature with little interference - at least from hydrocarbons. The power drain for a detector based on this combination of materials would simply reflect the requirements of the electronics and would probably be very small.

This paper therefore describes a programme sponsored by the Scientific Research and Development Branch of the Home Office to investigate the feasibility of providing early warning of fires with low power carbon monoxide sensors based on the semiconducting oxide/precious metal materials combination.

#### **Low Power Gas Sensor - Preparation and Laboratory Tests**

The tin dioxide used in the programme was prepared as a powder by the thermal decomposition of metastannic acid followed by calcining at 1000°C and pressing as pellets (1cm in diameter and 0.2cm thick) and centring, also at 1000°C. In a subsequent step the surface of the tin dioxide was treated with a partial coating of extremely fine particles of platinum.

Sensors were also fabricated in thick film form by screen printing the oxide across gold inter-digitated electrodes on an alumina substrate. The thick films were sintered and treated with platinum particles in the same way as the pellets.

Specimens were evaluated for responses to carbon monoxide and to potentially interfering gases by placing them inside a silica tube placed axially in a horizontal tube furnace. An atmosphere, which could be switched via solenoid valves from air to air containing the analyte gas, was passed through the tube. Electrical contacts to the specimen were fed through sealed ports in the furnace end plate.

The resistance of a pellet of tin dioxide in undried air exhibits a sigmoid variation with temperature (Figure 3) that is due to the moisture on the surface on the oxide surface<sup>(4)</sup>. The addition of an optimal amount of platinum to the oxide surface largely suppresses the moisture effect and produces a low temperature response to carbon monoxide (Figure 4). Pellets prepared in this way show a resistance modulation at room temperature when exposed to carbon monoxide concentrations at least as low as 100 parts per million and repeated exposure to high levels (1%) of carbon monoxide show (Figure 5) that

the response is uniformly reproducible. In principle this response behaviour ought to be repeatable with the sensitive material deployed in thick film form. In practice the achievement of optimum microstructure for this materials combination is more difficult in a thick film than as a more substantial ceramic. Further, since the device is to operate at room temperature the slightly greater mass of a pellet is no inconvenience.

#### **Low Power Gas Sensors - Fire Tests**

In order to carry out tests in fires on the pelleted material, several sensors were attached to a wooden board placed roughly 2 metres from the floor and 3 metres distant from the centre of the fire room (approximately 6 metres x 9 metres floor area). The sensors were connected via cabling, some 10 metres in length to a monitoring system in a room adjacent to the fire room. The resistance of the 10 metre length of each of the cables was approximately 1 ohm.

Three tests were carried out using fires that were designed to closely resemble some of the test fires defined in British Standard BS 5445 Part 9. Test 1 used some 70 dried beechwood sticks arranged as recommended in the British Standard (Test Fire 1) ignited by 5mls of methylated spirits in a small metal dish.

Test 2 involved some 650 grammes of hexane containing 3% by volume of toluene to simulate Fire Test 5 from the Standard. Test 3 involved 2,000 grammes of methylated spirits.

After each fire the test room was ventilated by the building system.

The platinum-treated pellets of tin dioxide responded to the beechwood fire with a large fall in resistance (Figures 6 and 7). There was a very good reproducibility between the two sensors.

After the first fire the sensors increased in resistance but did not precisely recover their initial values.

The second fire (methanol) produced a very much smaller decrease in resistance but this may have been partly due to residual vapours from Fire 1. The response to the third fire was large and reproducible.

In summary, the room temperature gas sensors clearly responded well to the fires. The pellets may have outperformed the thick films because they offer larger surface areas and longer diffusion pathways for potential inhibitors than do the thick films. Whatever the reason, the observation of a response that was consistent with the laboratory tests and is reproducible between the two sensors tested, is an encouraging indication that sensors based on this principle can make a valuable contribution to automatic fire detection systems in the future.

#### Acknowledgements

The authors are grateful to Chief Officer G M Rodda of Harwell Fire Brigade for use of the fire test facility.

#### Reference

1. P J Fardell, J M Murrell and J V Murrell, *Fire and Materials*, 10, (1986), 21.
2. N W Hurst and T A Jones, *Fire and Materials*, 9 (1985), 1.
3. A Harkoma, H Torvela, P Romppainen and S Leppavuori, *Combust. Sci and Tech.*, 62, (1988), 21.
4. J F McAleer, P T Moseley, J O W Norris, D E Williams and B C Tofield, *J. Chem. Soc. Faraday Trans 1*, (1988), 84(2), 441.
5. B T Hume, BRESENS Evaluation at Cardington, Report Number 2. (1986).

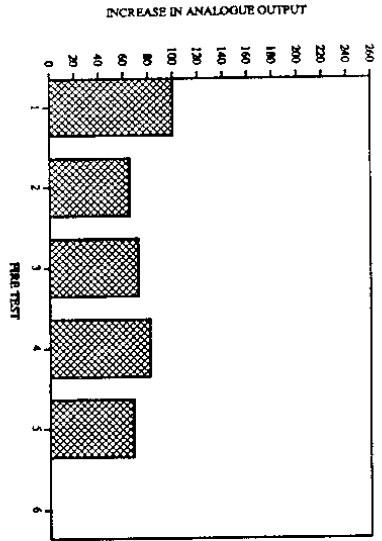
### Illustrations

- Figure 1 Response of four commercially available fire sensors to the six standard fire tests specified in BS 5445 Part 9.
- Figure 2 Response of four commercially available fire sensors to the six standard fire tests specified in BS 5445 part 9.
- Figure 3 Variation of the resistance of pellet of tin dioxide in undried air as the temperature is reduced from near 500°C to 100°C and back to 500°C. The sigmoid shapes of each half of the plot are due to moisture on the oxide surface<sup>(4)</sup>.
- Figure 4 Variation of resistance of a pellet of tin dioxide with a surface treatment of platinum particles as the atmosphere was switched alternately between air and air containing 1% carbon monoxide every 15 minutes and the temperature was ramped from 500°C to 100°C and back. The experiment was run in a common atmosphere with that shown in Figure 1. In this case the effects of the moisture have been suppressed and a response to carbon monoxide appears around the lowest temperature.
- Figure 5 Resistance of a platinum-treated pellet of tin dioxide exposed to four isolated pulses of 1% carbon monoxide at room temperature.
- Figure 6 Responses of a platinum-treated pellet of tin dioxide at room temperature to the three fire tests. Fires 1 and 3 produced large resistance decreases which recovered when the smoke room was

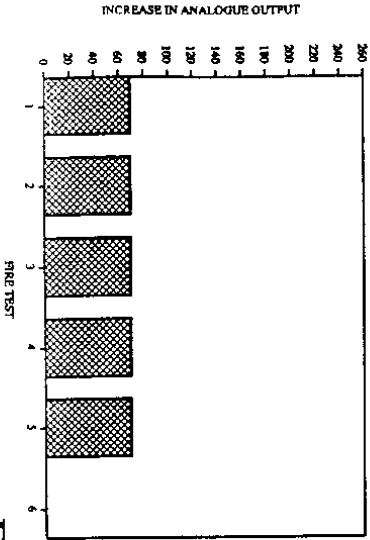
ventilated. The resistance was already low before fire 2 - possibly due to incomplete ventilation of all parts of the fire room.

Figure 7 Responses of a second platinum-treated pellet of tin dioxide at room temperature top the three fire tests. The responses generally match the responses of the first pellet (Figure 4) except that the response to fire 2 is rather larger.

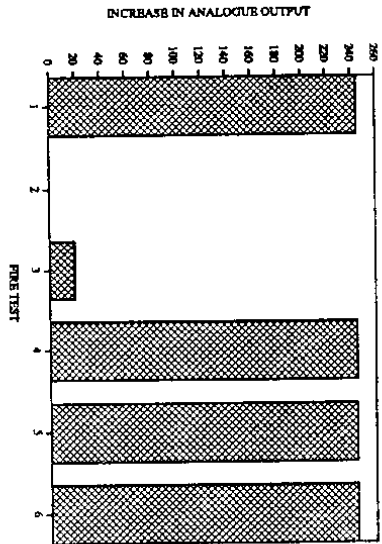
BEAM - HEAT SENSOR



BEAM - SMOKE SENSOR



UV FLAME SENSOR



HEAT SENSOR

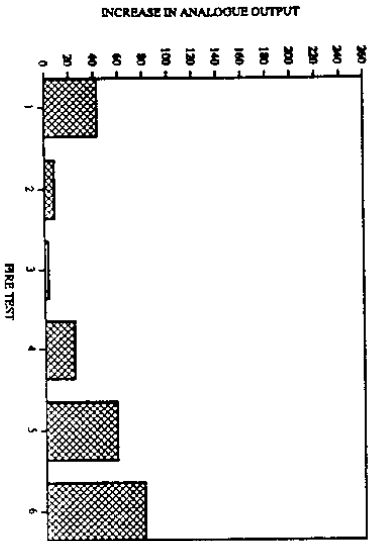


Figure 1

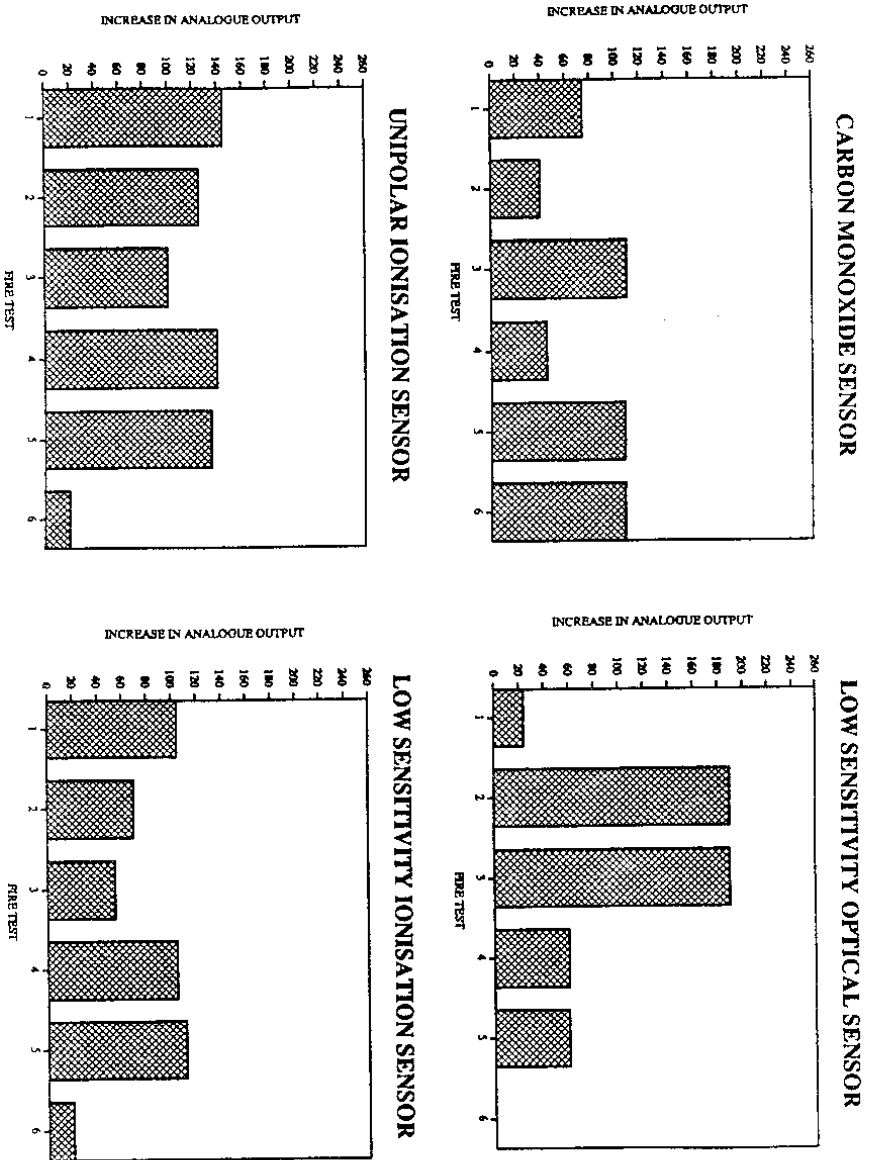


Figure 2



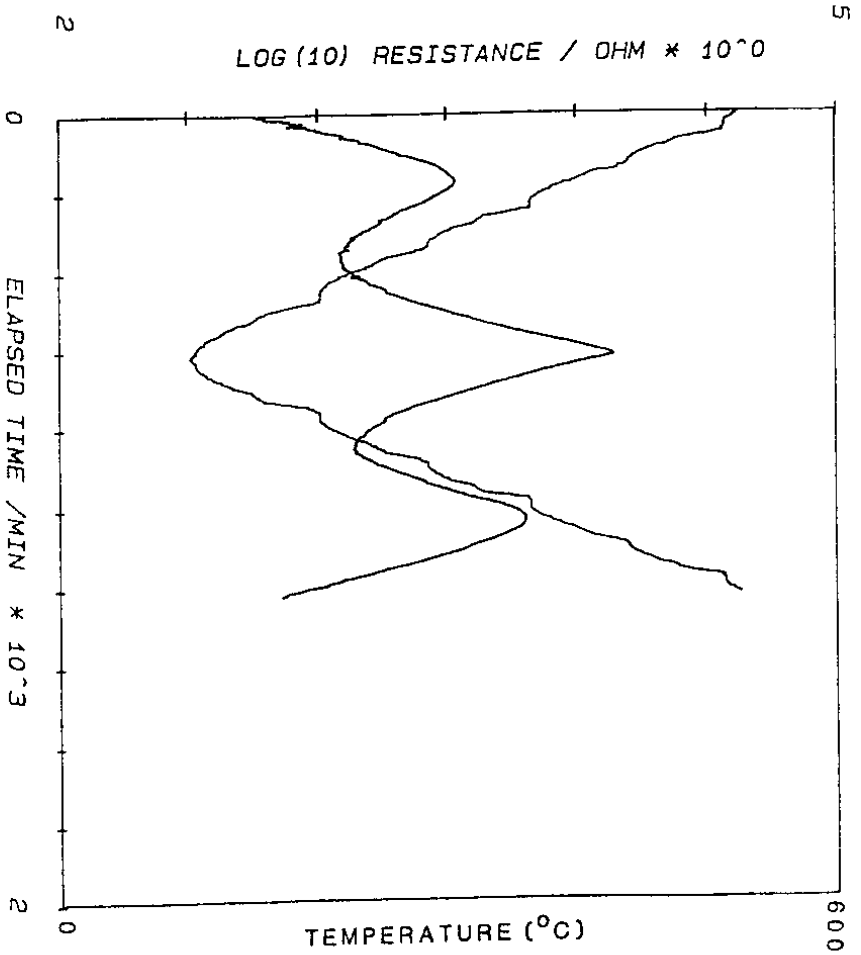


Figure 3

DL1: HOME OFF 2. 0 TO 202919 FREQ = 1KHZ

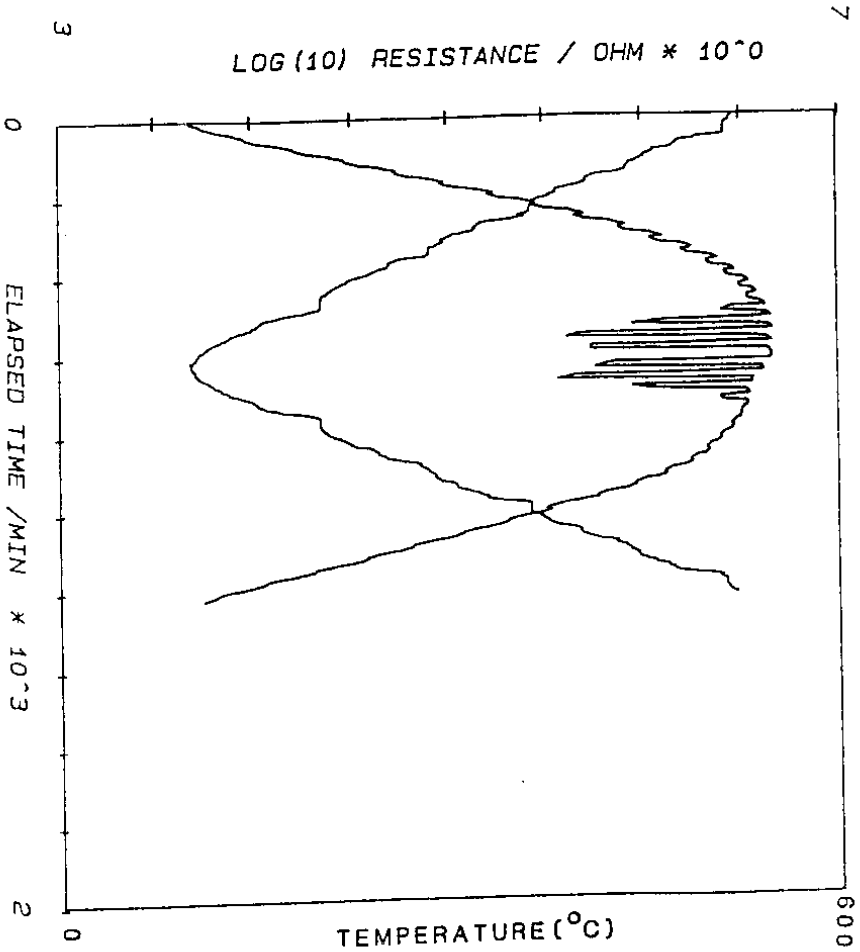


Figure 4

DL1: HOME OFF 1. 0 TO 202919 FREQ = 1KHZ

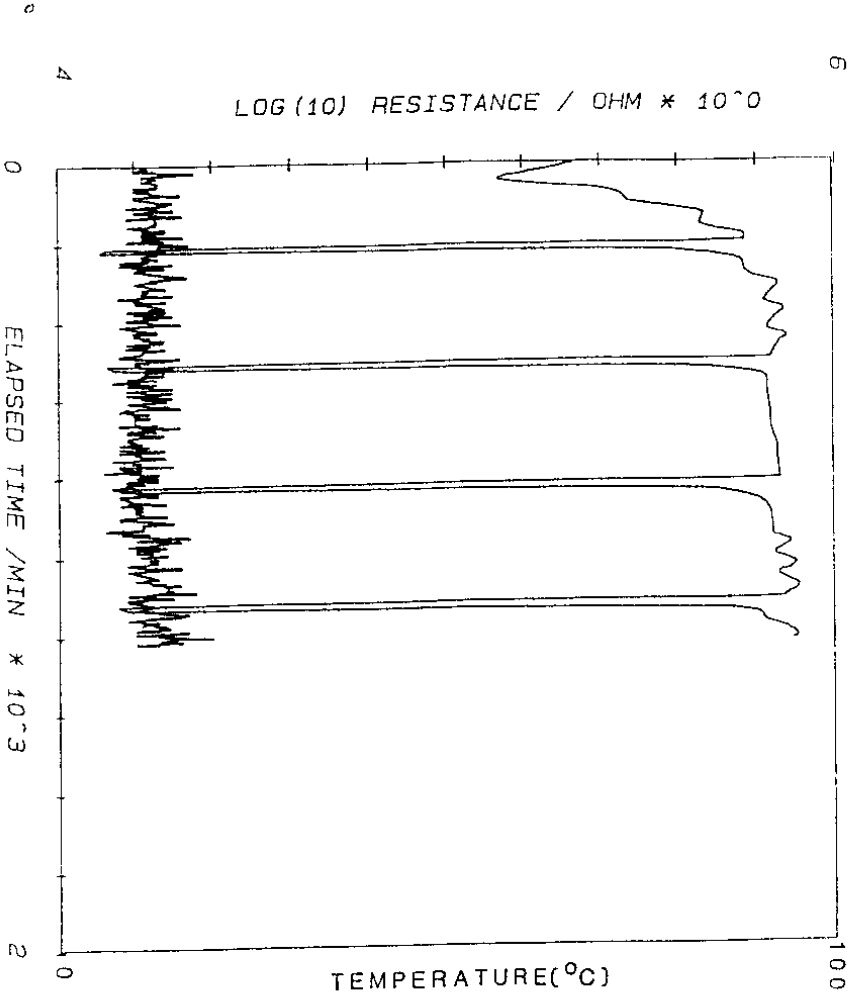


Figure 5

DL3: HOME0F83. 0 TO 203049 FREQ = 1KHZ

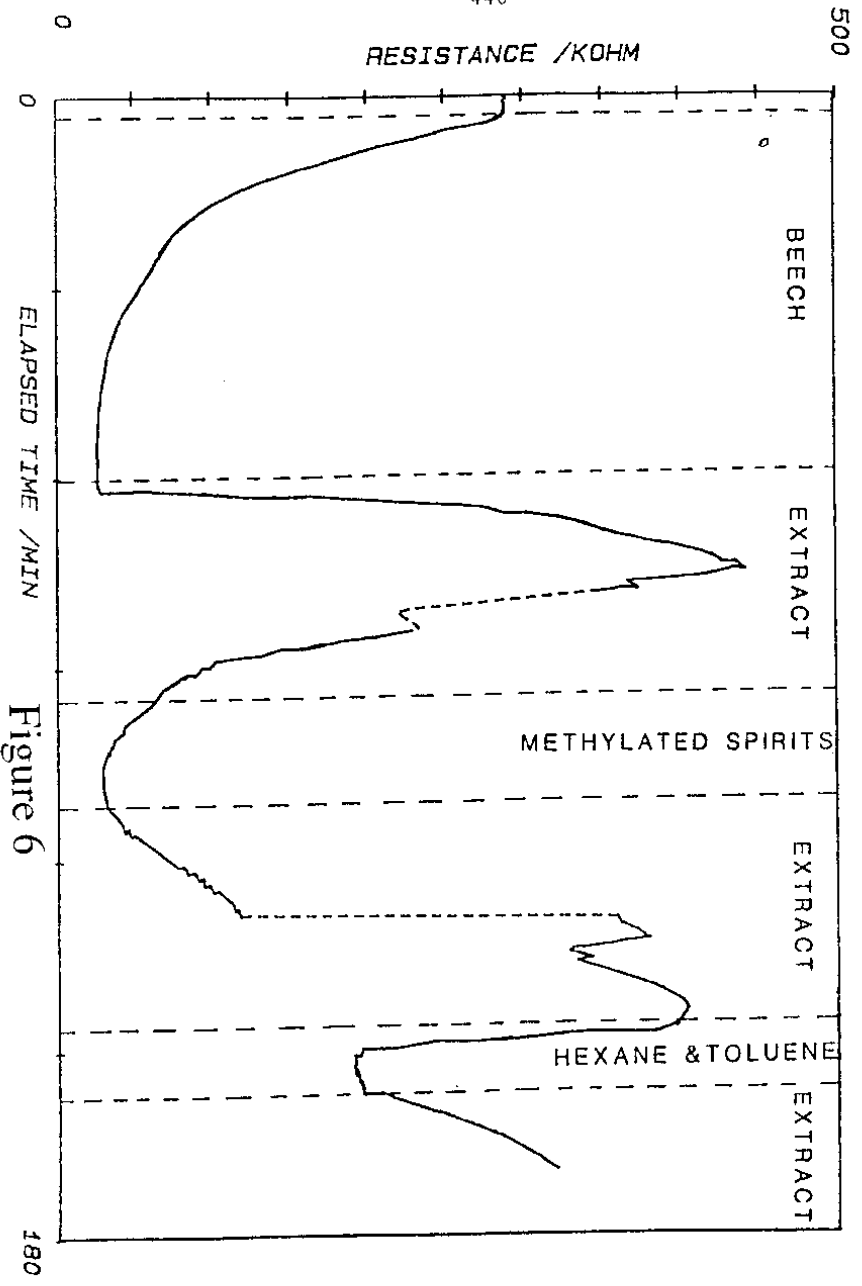


Figure 6

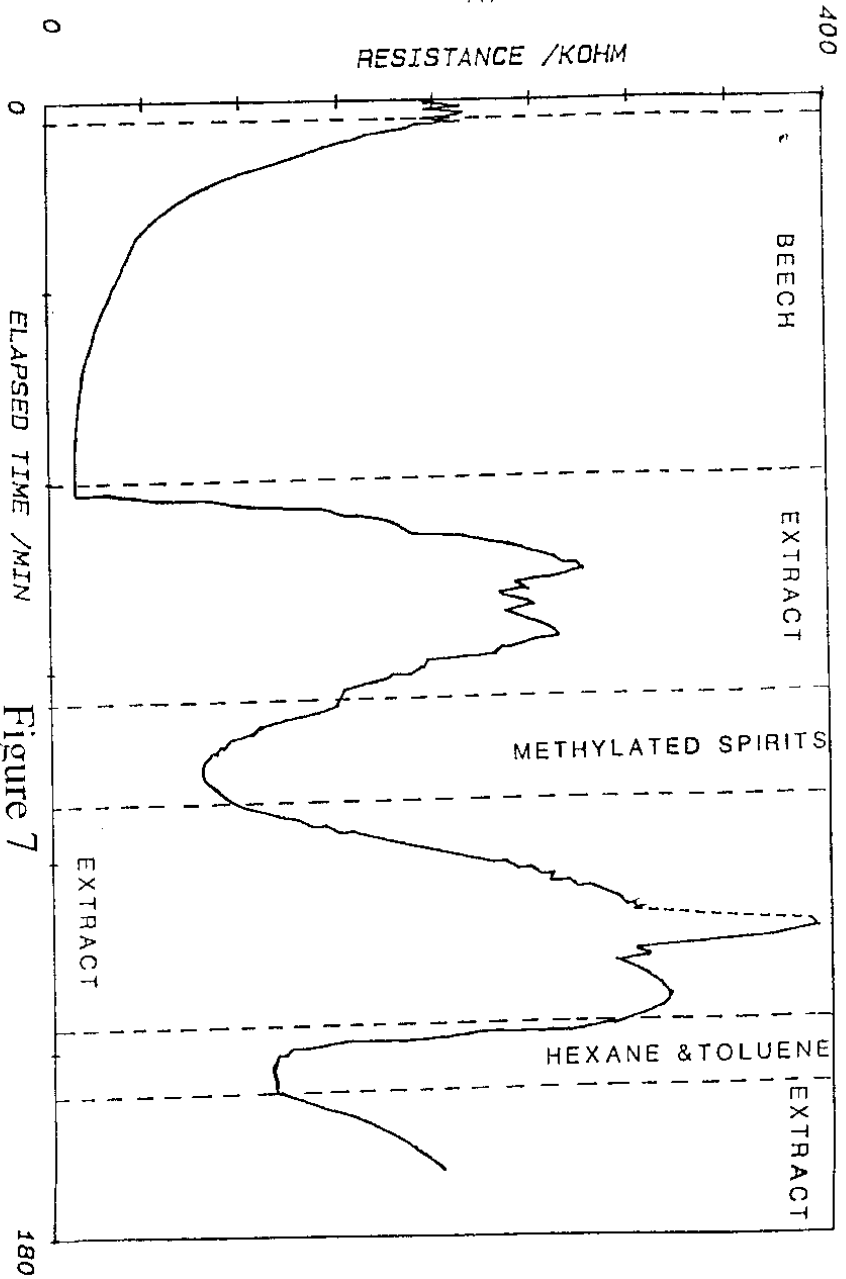


Figure 7



K. Dobos, J. Sokat\*

Fraunhofer Institut für Mikroelektronische Schaltungen u.  
Systeme, Duisburg, BR-Deutschland

\* Universität Duisburg, BR-Deutschland

### Chemische Sensoren für die automatische Brandentdeckungstechnik.

#### **Einleitung:**

Die automatische Brandentdeckungstechnik ist auf zuverlässige Sensoren angewiesen, die es erlauben auf Grund der gemessenen Brandkenngrößen einen Entstehungsbrand zu detektieren.

Mit den heute üblichen Rauchmeldern ist es zwar möglich ein entstehendes Schadensfeuer sicher zu erkennen, es gibt jedoch trotzdem gewichtige Gründe nach neuen Sensorprinzipien für die automatische Brandentdeckungstechnik zu suchen:

- Die Zahl der unerwünschten Alarme ist im Verhältnis zu den wirklichen Alarmen zu hoch.
- Die bisher üblichen Rauchmelder sind durch die notwendigen feinmechanischen Komponenten aufwendig.
- Das radioaktive Präparat einer Ionisationskammer macht einen hohen Sicherheitsaufwand erforderlich.

Neben der Auswertung der Aerosolkonzentration mit klassischen Rauchmeldern bietet sich die Konzentration der Verbrennungsgase zur Entdeckung eines Schadensfeuers an. Die moderne Sensortechnologie stellt heute kostengünstige Gasensoren zur Verfügung, die eine genauere Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten in der Brandentdeckung nahelegen.

Der Vortrag gliedert sich wie folgt:

Im ersten Abschnitt werden zur Messung von Gaskonzentrationen geeignete Prinzipien vorgestellt.

Im zweiten Abschnitt werden die für die Brandversuche verwendeten CO-Sensoren vorgestellt.

Im dritten Abschnitt werden die Reaktionen der Gassensoren auf die Testbrände nach EN 54 Teil 9 dargelegt.

Im vierten Abschnitt werden anhand dieser Ergebnisse die Einsatzmöglichkeiten von CO-Sensoren in der Brandentdeckungstechnik diskutiert.

### **1. Meßprinzipien für Gaskonzentrationen**

Bei der Messung von Gaskonzentrationen wird zwischen selektiven Messungen und Breitbandmessungen, die eine große Gruppe von Gasen erfaßt, unterschieden.

Bei einer selektiven Messung in einem Gasgemisch - wie z.B. Luft - wird nur die Konzentration einer Gaskomponente gemessen. Änderungen der Konzentrationen anderer Komponenten dürfen keinen Einfluß auf die Messung haben. Bei der Breitbandmessung wird hingegen die Konzentration mehrerer Komponenten - im allgemeinen mit unterschiedlicher Gewichtung - in einem Summensignal erfaßt. Die Änderung der Konzentration einer Komponente wirkt auf das Summensignal aus.

Zur selektiven Gasmessung sind prinzipiell zwei Möglichkeiten bekannt. Die erste beruht auf der Nutzung spezieller chemischer Reaktionen. Es sind verschiedene chemische Verbindungen bekannt, die mit einigen Gasen in einer sehr se-



lektiven Reaktion in Verbindung treten und dadurch ihre physikalischen Parameter wie z.B. ihre Farbe oder Leitfähigkeit verändern. Bei der chemischen Reaktion verbraucht sich diese Prüfsubstanz. Aus diesem Grund wird diese Meßmethode nur für den Einmalgebrauch verwendet. Zwar wäre es denkbar, auf dieser Grundlage auch einen Sensor für eine längere Einsatzfähigkeit zu konzipieren, aber es erscheint fraglich, ob im Hinblick auf die in der Brandmeldetechnik üblichen Umgebungsbedingungen ein Schutz der sehr empfindlichen Prüfsubstanzen wirtschaftlich möglich ist.

Die zweite Möglichkeit zur selektiven Gasmessung beruht auf einer indirekten Messung der Gaskonzentration durch Messung physikalischer Parameter. Als Stichwörter seien hier Gaschromatographie und Massenspektrometrie genannt. Für die stabile Durchführung von solchen Messungen sind im allgemeinen sehr aufwendige Strukturen erforderlich.

Als langfristig vielleicht auch für die Brandmeldetechnik sehr interessantes Verfahren in dieser Gruppe ist die optische Absorptionsspektroskopie zu nennen. Dieses Prinzip zur selektiven Gasmessung hat sich mit der Verfügbarkeit von billigen Laserdioden sehr verbreitet. Es ist üblich, dieses Verfahren zur Messung relativ hoher Gaskonzentrationen von einigen hundert bis tausend ppm einzusetzen. Der noch sehr hohe Preis von einigen tausend DM für solche Systeme dürfte die Anwendung in der Brandmeldetechnik für die nächsten Jahren ausschließen.

Da in der Brandentdeckungstechnik aus wirtschaftlichen Gründen nur relativ preiswerte Systeme in Frage kommen, bieten sich die Methoden der Breitbandmessung an. Es muß allerdings sichergestellt sein, daß das gemessene Gasgemisch einen Entstehungsbrand kennzeichnet.

Bekannte Breitbandsensoren sind die Zinnoxid "Halbleiter" (TGS) Sensoren der Firma Figaro und Pellistoren.

Ein TGS Sensor besteht aus kleinen halbleitenden Zinnoxid-polykristallinen, die Katalysatoreigenschaften besitzen. Bei einer Temperatur von ca. 400 °C reduzieren oxidierbare Gase teilweise das Zinnoxid. Durch den entstehenden Metallanteilüberschuß werden Elektronen in das Leitungsband des Halbleiters freigesetzt. Mit einer Widerstandsmessung läßt sich dadurch die Anwesenheit oxidierbarer Gase detektieren.

Ein Pellistor besteht aus einem Platinwedel der mit einer katalytisch aktiven Masse beschichtet ist. Bei Temperaturen von ca. 500 - 700 °C werden oxidierbare Gase an der Katalysatorschicht oxidiert. Die entstehende Temperaturerhöhung erhöht den Widerstand der Platinwedel, der damit wiederum ein Maß für die Konzentration brennbarer Gase ist.

Die beiden beschriebenen Meßprinzipien zur Breitbandmessung lassen sich kostengünstig realisieren und werden in der Gaswarntechnik eingesetzt. Ein wesentlicher Nachteil dieser Verfahren für die Brandentdeckungstechnik ist jedoch die sehr große Querempfindlichkeit gegenüber Gasprodukten, die nicht bei Verbrennungen entstehen. Als Beispiele seien die Dämpfe von Benzin, Lösungsmitteln und Farben genannt. In den vergangenen Jahren wurden Untersuchungen mit diesen Sensoren durchgeführt [1]. Soweit bekannt, werden sie heute in der Brandentdeckungstechnik nicht angewendet.

In den vergangenen Jahren sind zwei vielversprechende Meßprinzipien zur Breitbandmessung vorgestellt worden, die nur auf eine kleinere Anzahl von Gasen reagieren. Es handelt sich um MOS-Gassensoren und um elektrochemische Gassensoren. Die im Abschnitt drei beschriebenen Messungen sind mit elektrochemischen Gassensoren durchgeführt worden. Dieses Meßprinzip wird im nächsten Abschnitt beschrieben.

Das Prinzip der MOS-Gassensoren beruht auf einer modifizierten Feldeffekttransistorstruktur. Die Struktur in Bild 1.1 wurde von Lundström 1975 zur Messung von Wasserstoffkonzentrationen vorgestellt [2].

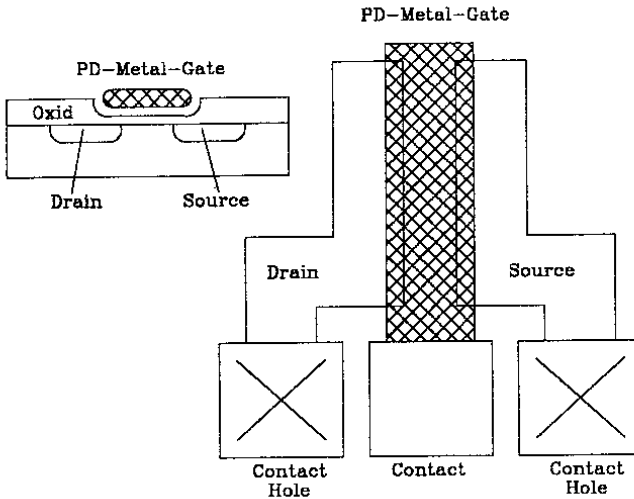


Bild 1.1 Modifizierte Feldeffekttransistorstruktur

Vorhandene Wasserstoffmoleküle werden von dem katalytisch wirkenden Paladium bei Temperaturen von ca. 150 °C in Wasserstoffionen und freie Elektronen aufgeteilt. Die positiv geladenen Ionen wandern zum Substrat und beeinflussen meßbar die Sperrspannung des Transistors. Aufbauend auf dieser Grundstruktur sind in den vergangenen Jahren Sensoren für verschiedene wasserstoffhaltige Gase und Kohlenmonoxid vorgestellt worden.

Der Vorteil der MOS-Gassensoren liegt darin, daß sie sich in der aus der Mikroelektronik bekannten Massentechnologie

sehr preisgünstig und in großen Stückzahlen fertigen lassen. Durch die Integration mehrerer, verschieden reagierender Sensoren und einer Schaltung zur Signalverarbeitung auf einem Chip, lassen sich prinzipiell sehr selektive Strukturen erzeugen. MOS-Gassensoren sind zur Zeit Gegenstand intensiver Forschungstätigkeit.

## **2. Funktionsweise der verwendeten Elektrochemischen Zellen.**

Der prinzipielle Aufbau von elektrochemischen Gassensoren ist im Bild 2.1 dargestellt. Die Sensoren bestehen aus drei von einem Elektrolyt umgebenen Elektroden. Das zu untersuchende Gas trifft auf die Meßelektrode. An der Meßelektrode wird die zu messende Gaskomponente oxidiert oder reduziert. Diese Reaktion findet an der Katalysatoroberfläche der Meßelektrode statt. Es handelt sich um eine 3-Phasengrenze zwischen dem Festkörperkatalysator, dem zu untersuchenden Gas und dem Elektrolyt.

Das Elektrodenpotential der Meßelektrode wird durch die Referenzelektrode und durch die externe Beschaltung vorgegeben. Durch die Wahl dieser Arbeitsspannung kann die Selektivität des Sensors beeinflusst werden. Die für die Reaktion an der Meßelektrode benötigten Elektronen werden an der Gegenelektrode aus dem Elektrolyt gewonnen. Der entstehende Strom ist proportional der pro Zeiteinheit umgesetzten Gasmenge und damit auch proportional der Konzentration der zu messenden Gaskomponente ( amperometrisches Gassensorprinzip ).

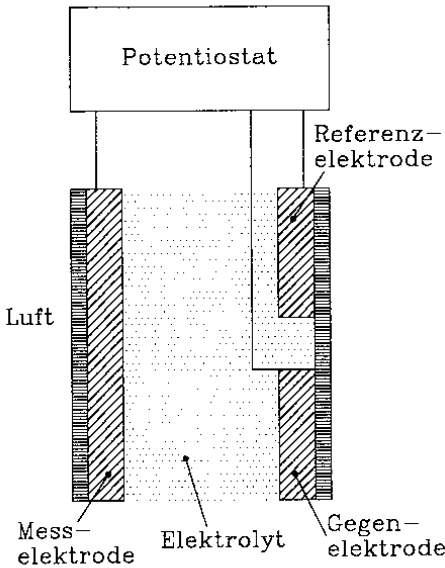


Bild 2.1 Aufbau der elektrochemischen Zellen.

### 3. Versuchsbeschreibung

Der Test der CO-Gassensoren wurde in weitgehender Anlehnung an EN-54 Teil 9 durchgeführt. Diese Europeanorm enthält einen Katalog von Testbränden, die in Ihrer Gesamtheit alle bei einem Entstehungsbrand vorkommenden Umwelteinflüsse wiedergeben sollen. Die Testbrände sind allerdings im Hinblick auf die klassischen Brandkenngrößen Temperatur, Rauchdichte und Flammenstrahlung ausgewählt worden und sind daher nur sehr bedingt für einen späteren Test von Gassensoren geeignet. Sie wurden für diese Versuchsreihen ausgewählt, um die Reaktion der Sensoren auf bekannte und reproduzierbare Brände darzustellen.

Beispielhaft für CO-Sensoren wurden zwei elektrochemische

Zellen COW 100 der Firma Winter GmbH, Dortmund untersucht. Das Ausgangssignal dieser Sensoren wurde mit einer Verstärkerschaltung an die Eingangsamplitude eines Meßwerterschließungssystems HP 3852 angepaßt. Bei der gewählten Beschaltung haben die Fühler einen Ruhewert von ca. 100 mV. Eine Amplitudendifferenz von einem Volt entspricht einer CO-Konzentration von 45 ppm. Die so erhaltenen Fühler wurden an der Decke des Brandraums in einer Höhe von 4 m montiert. Zum Vergleich mit den klassischen Brandkenngrößen wurde eine zum verstärkten Ausgangsstrom einer Meßionisationskammer proportionale Spannung, das Ausgangssignal eines Estinktionsmeßgeräts ( Sick-Gerät ) und die Temperatur mit aufgenommen. Die Verarbeitung erfolgte mit einem HP 310 Computer.

Die Lage der im folgenden betrachteten Sensoren an der Decke des Brandraums sind aus der Zeichnung in Bild 3.1 und der Tabelle 3.1 ersichtlich. Der in Bild 3.1 eingezeichnete Kreis hat einen Radius von 3 m.

Sensortyp	Position	Symbol
Meßionisationskammer	H14	I
Sick-Gerät	F14	O
Temperaturfühler	M4	T
Temperaturfühler	M9	T
Gassensor	M6	CG
Gassensor	M2	CG

Tabelle 3.1

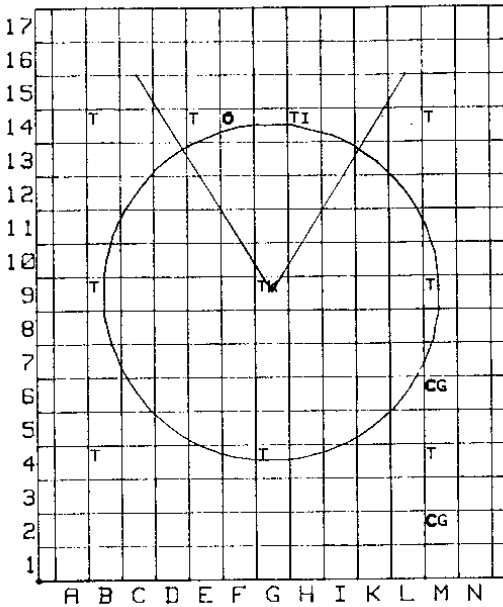


Bild 3.1 Position der Sensoren

Testfeuer 1 ist ein offenes Zellulosefeuer von 70 getrockneten Buchenholzstäbchen. Das Gewicht des Brennmaterials ist ca. 2300 g. Auf Grund der langsamen Verbrennung und der relativ großen Materialmenge entstehen bei diesem Brand deutlich meßbare und langfristig bereits gefährliche CO-Konzentrationen von ca. 230 ppm. Der gemessene Zeitverlauf ist in Bild 3.2 dargestellt. Die Skalierung und die Position der Sensoren ist aus der Tabelle 3.2 ersichtlich. Das Testende nach EN-54 ist durch einen senkrechten Strich in der Zeichnung markiert.

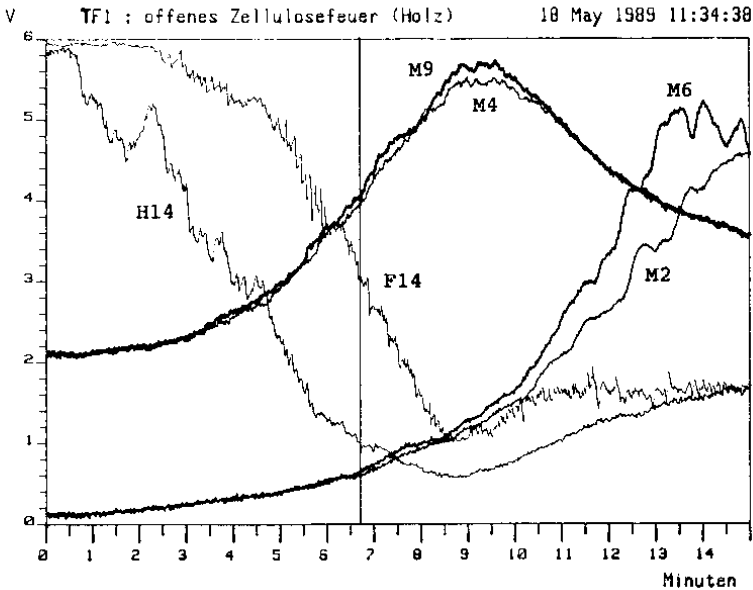


Bild 3.2 Testfeuer 1

Sensortyp	Position	Max. Wert	Min. Wert
Meßionisationskammer	H14	10 V	0 V
Sick-Gerät	F14	6 V	3 V
Temperaturfühler	M4	70 °C	0 °C
Temperaturfühler	M9	70 °C	0 °C
Gassensor	M6	6 V	0 V
Gassensor	M2	6 V	0 V

Tabelle 3.2

Testfeuer 2 ist ein Schwelbrand von 24 getrockneten Buchenholzstäbchen. Das Gewicht des Brennmaterials ist ca. 120 g. Da die Materialmenge kleiner ist, entstehen bei diesem Brand deutlich geringere CO-Konzentrationen als bei Testfeuer eins. Die maximal gemessene CO-Konzentration war bei diesem Experiment ca. 50 ppm. Dieser Wert liegt jedoch noch immer über der maximalen Arbeitsplatzkonzentration für



CO. Der Zeitverlauf der gemessenen Brandkenngrößen ist in Bild 3.3 dargestellt.

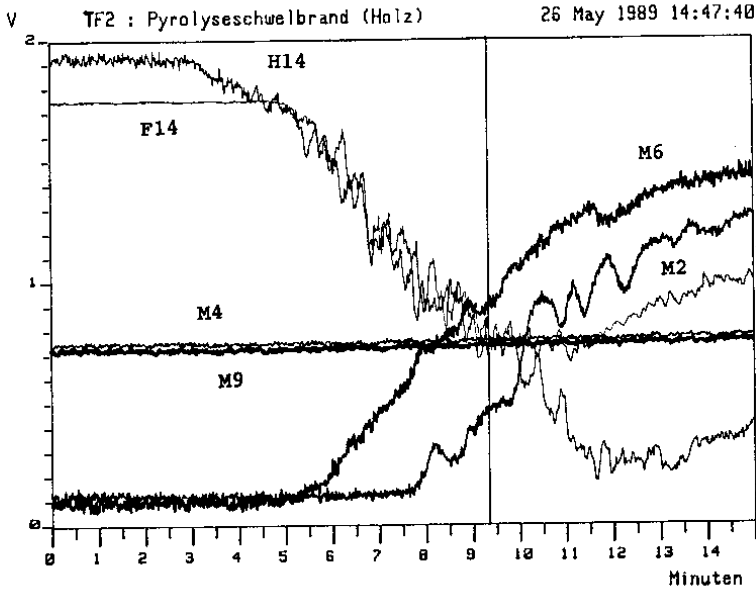


Bild 3.3 Testfeuer 2

Sensortyp	Position	Max. Wert	Min. Wert
Meßionisationskammer	H14	11 V	3 V
Sick-Gerät	F14	6 V	0 V
Temperaturfühler	M4	70 °C	0 °C
Temperaturfühler	M9	70 °C	0 °C
Gassensor	M6	2 V	0 V
Gassensor	M2	2 V	0 V

Tabelle 3.3

Testfeuer 3 ist ein Glimmschmelbrand von Baumwolle. Das Gewicht des Brandmaterials ist ca. 270 g. Bei diesem Brand ergeben sich besonders hohe CO-Konzentrationen. Die gemess-

senen Spitzenwerte liegen bei ca. 300 ppm. Der Zeitverlauf der gemessenen Brandkenngrößen ist in Bild 3.4 dargestellt.

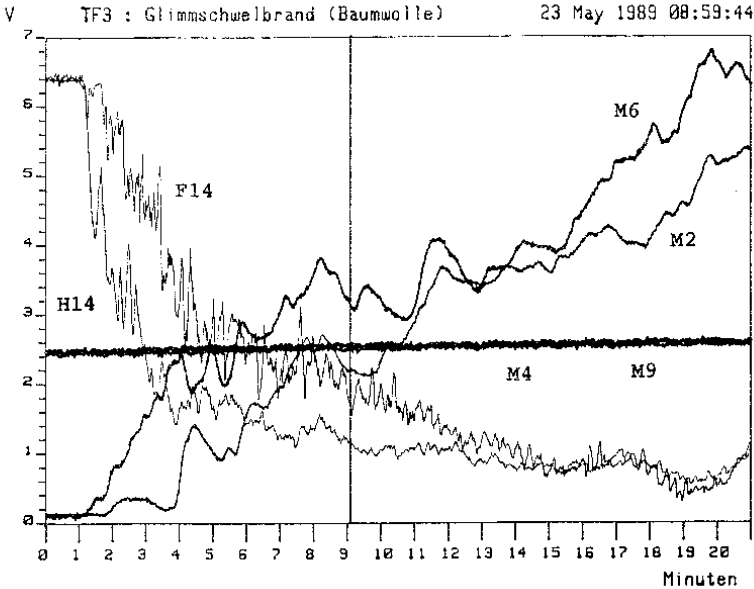


Bild 3.4 Testfeuer 3

Sensortyp	Position	Max. Wert	Min. Wert
Meßionisationskammer	H14	11 V	1 V
Sick-Gerät	F14	6 V	1 V
Temperaturfühler	M4	70 °C	0 °C
Temperaturfühler	M9	70 °C	0 °C
Gassensor	M6	6 V	0 V
Gassensor	M2	6 V	0 V

Tabelle 3.4

Testfeuer 4 ist ein offener Kunststoffbrand von ca. 300 g Polyurethan. Bei diesem annähernd vollständigen Brand entstehen nur sehr geringe Mengen CO. Die gemessenen Spitzen-

werte liegen bei ca. 15 ppm. Der Zeitverlauf der gemessenen Brandkenngrößen ist in Bild 3.5 dargestellt. Das in EN-54 vorgesehene Testende wurde bei diesem Brand nicht erreicht.

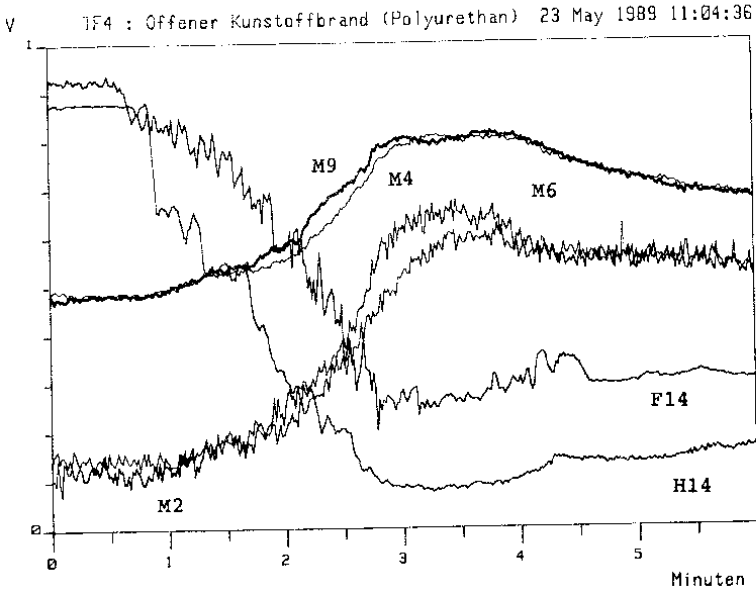


Bild 3.5 Testfeuer 4

Sensortyp	Position	Max. Wert	Min. Wert
Meßionisationskammer	H14	11 V	1 V
Sick-Gerät	F14	6 V	2 V
Temperaturfühler	M4	50 °C	0 °C
Temperaturfühler	M9	50 °C	0 °C
Gassensor	M6	1 V	0 V
Gassensor	M2	1 V	0 V

Tabelle 3.5

Bei den Testfeuern 5 und 6 handelt es sich um offene Flüssigkeitsbrände von n-Heptan ( TF 5 ) und Brennspiritus

( TF 6 ). Bei der Durchführung des n-Heptan Brandes wurde auf die in der Norm vorgesehene Zugabe von Toluol verzichtet, um eine vermeidbare Gesundheitsgefährdung der durchführenden Personen zu verhindern. Es entstehen nur sehr geringe CO-Konzentrationen von ca. 15 ppm beim n-Heptan Brand und 5 ppm beim Spiritusbrand. Beide Werte liegen unterhalb der maximalen Arbeitsplatzkonzentration. Die Zeitverläufe der gemessenen Brandkenngrößen sind in Bild 3.6 und Bild 3.7 dargestellt.

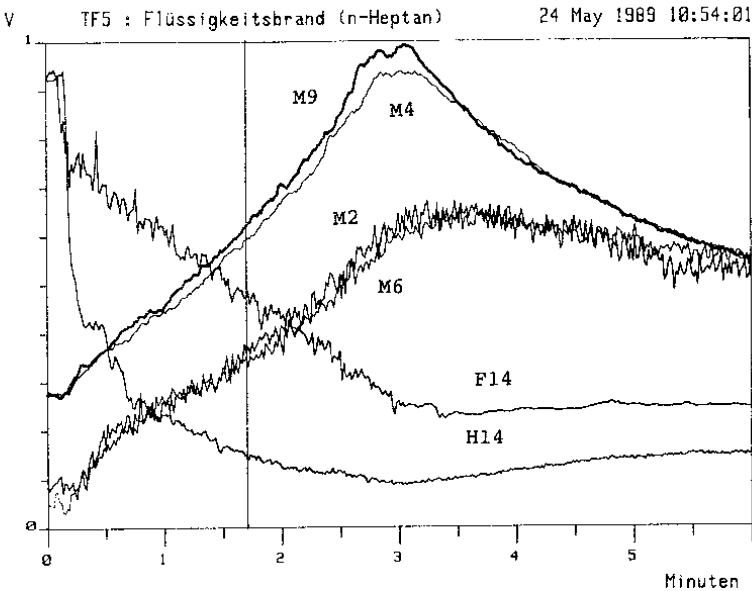


Bild 3.6 Testfeuer 5

Sensortyp	Position	Max. Wert	Min. Wert
Meßionisationskammer	H14	11 V	0 V
Sick-Gerät	F14	6 V	1 V
Temperaturfühler	M4	90 °C	0 °C
Temperaturfühler	M9	90 °C	0 °C
Gassensor	M6	1 V	0 V
Gassensor	M2	1 V	0 V

Tabelle 3.6

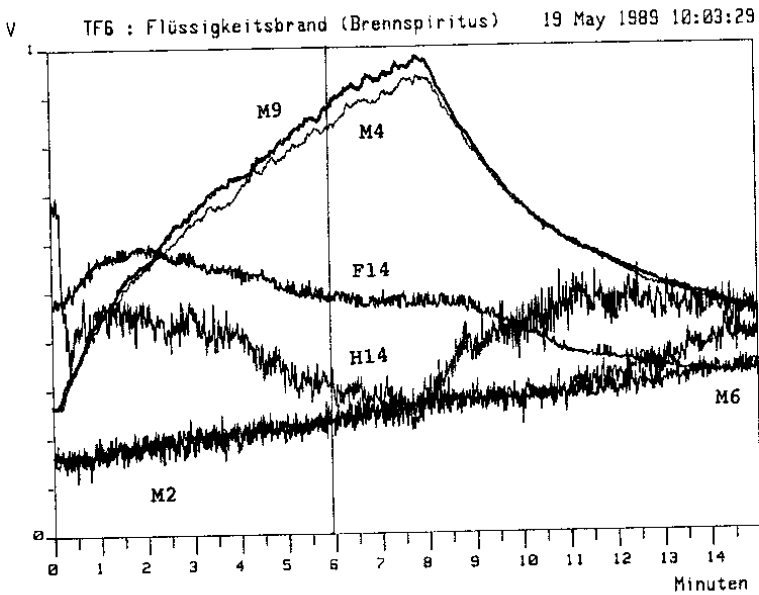


Bild 3.7 Testfeuer 6

Sensortyp	Position	Max. Wert	Min. Wert
Meßionisationskammer	H14	11 V	8 V
Sick-Gerät	F14	6 V	5 V
Temperaturfühler	M4	90 °C	0 °C
Temperaturfühler	M9	90 °C	0 °C
Gassensor	M6	1 V	0 V
Gassensor	M2	1 V	0 V

Tabelle 3.7

#### 4. Diskussion der Ergebnisse

Eine Sichtung der im Abschnitt 3 beschriebenen Brandkenngrößenverläufe ergibt folgende Ergebnisse:

- 1) Die verwendeten CO-Sensoren reagieren auf alle durchgeführten Brände.
- 2) Bei den Testfeuern eins und drei stellen die gemessenen CO-Konzentrationen eine Gefährdung dar, die eine Alarmierung der Feuerwehr auch ohne das Vorliegen eines Brandes rechtfertigen.
- 3) Die verwendeten CO-Sensoren erreichen ihren Endwert deutlich langsamer als die verwendeten Rauchmelder.

Bei realen Schadensfeuern werden in der Literatur [3] deutlich höhere CO-Konzentrationen ( bis zu 2% ) beschrieben, als sie bei den Testfeuern nach EN 54 auftreten.

Obwohl die beschriebenen chemischen Sensoren langsamer reagieren als die klassischen Rauchmelder, können sie für den Einsatz in der Brandentdeckungstechnik geeignet sein, da zum einen im Hinblick auf Täuschungsgrößen eine sehr schnelle Reaktion der verwendeten Sensoren nicht unbedingt

sinnvoll ist, und zum anderen eine Kombination von chemischen Sensoren mit Rauch- und Temperaturmeldern bei einer geeigneten Signalverarbeitung [4] eine verbesserte Detektivität von Brandmeldeanlagen ermöglichen kann.

Vor dem Einsatz von Gassensoren ist in weiteren Grundlagenuntersuchungen zu klären, wie sich Gassensoren im Brandfall bei realen Schadensfeuern und im Nichtbrandfall bei auftretenden Störgrößen verhalten. Hier ist auch die Untersuchung von Sensoren, die auf andere Verbrennungsgase reagieren, notwendig.

#### **Zusammenfassung:**

Die Einsatzmöglichkeiten von chemischen Sensoren für die automatische Brandentdeckungstechnik wurden diskutiert. Ausgehend von einer Beschreibung der möglichen Prinzipien zur Messung von Gaskonzentrationen wurden die für die Brandentdeckungstechnik in nächster Zeit interessantesten Prinzipien der elektrochemischen Zellen und MOS-Sensoren vorgestellt. Die Reaktion elektrochemischer Zellen zur Messung der Kohlenmonoxid-Konzentration auf Entstehungsbrände wurde anhand der in EN 54 Teil 9 beschriebenen Testfeuer gezeigt. Die durchgeführten Messungen ergaben, daß sich die Konzentration von Kohlenmonoxid - zumindest als zusätzliche Brandkenngröße zu den klassischen Prinzipien - zur Detektion eines Entstehungsbrands eignet.

#### **Literaturverzeichnis:**

- [1] G. Pfister, Detektion von Brandgasen mit Festkörpersensoren Schwerpunkt der Forschungsaktivität, Vortrag auf AUBE'82, Universität Duisburg, Oktober 1982

- [2] K.I. Lundström, M.S. Shivaraman, C.M. Svenson, A hydrogen-sensitive Pd-gate MOS transistor, J.Appl.Phys., Vol46, No 9, Sep. 1975
- [3] Hame J., Kumar S., Pettet K., "Computerised Assessment of Enhanced Fire Safety Materials", in New Technologies to Reduce Fire Losses & Costs, Editors Grayson S.J., Smith D.A. Conference Luxembourg, 2.-3.10.1986
- [4] Siebel R., "Zum Entwurf von Detektionsalgorithmen unter Einbeziehung verschiedenartiger Brandkenngrößen", Vortrag AUBE'89, Duisburg, 26-28.09.1989
- [5] Rothmann B., Böhm U., "Elektrochemische Sensoren für Luftverunreinigungen", NTG Tagung 'Sensoren, Technologie und Anwendung' Bad Nauheim, 1982



K.-L. Plank  
RWTH Aachen, Aachen, Bundesrepublik Deutschland

## Neue Kommunikationsnetze für die Gefahrenmeldetechnik

### 1. Einleitung

Seit 1986 wurde bei verschiedenen Anlässen [z.B. 1] darauf verwiesen, daß durch die Einführung des ISDN ein weltweit weitgehend standardisiertes Verfahren der Nachrichtenübermittlung geschaffen wird, das sehr geeignet ist, alle Telefon-, Telex- und Datenanschlüsse wie auch andere Fernmeldedienste in einem einzigen Netz zusammenzufassen und gleichzeitig auch zur Überwachung von Gefahren zu nutzen. Dieses ISDN tritt damit neben den in den letzten Jahren in der Bundesrepublik bereitgestellten TEMEX-Dienst, der im ISDN in der bisherigen Form nicht weiter abgewickelt werden kann. Da die Deutsche Bundespost erklärt hat, im Zeitraum von etwa 30 Jahren das gesamte Fernsprechnet auf ISDN umzustellen und da weiterhin TEMEX ein nationales deutsches Dienstangebot ist, das im übrigen europäischen Raum nicht vorgesehen ist, ist es wichtig, auch in der Bundesrepublik neben TEMEX die Entwicklung des ISDN sorgfältig zu verfolgen.

Die vorliegende Ausarbeitung soll einen Überblick über derzeitigen Stand und Ausbau des ISDN geben, vor allem aber auch die Anwendung der verschiedenen im ISDN vorgesehenen Nachrichtenkanäle im Hinblick auf die Nutzung als Gefahrenmeldekanäle darstellen. Schließlich sollen erste Simulationsergebnisse der für die Gefahrenübermittlung wichtigen Kanäle und daraus resultierende Anforderungen an diese Kanäle einerseits und an die Übertragungseinrichtungen der Meldesysteme andererseits aufgezeigt werden. Ein kurzer Blick auf die weitere Entwicklung des ISDN zum Breitband-ISDN und dessen Nutzung in der Gefahrenmeldetechnik beschließt den Vortrag.

### 2. Ausbau des ISDN

Das ISDN wurde im Zusammenhang mit der – im Fernnetz schon recht weit fortgeschrittenen – Digitalisierung des bestehenden Telefonnetzes konzipiert. Diese Digitalisierung aller Telefonanschlüsse in der Bundesrepublik soll bis 2020 ... also

innerhalb 30 Jahren - durchgeführt werden, da digitale Fernmeldesysteme nur einen Bruchteil der klassischen analogen Netze kosten. Der Ausbau des bestehenden Telefonnetzes erfolgt bereits ausschließlich mit digitalen Vermittlungen und Übertragungseinrichtungen. Zur Realisierung von ISDN muß einem solchen digitalen Netz dann nur noch eine spezielle - ebenfalls digitale - Anschlußtechnik zwischen der Teilnehmervermittlung und dem Anschluß im Hause des Benutzers zugefügt werden. Bei dieser Änderung im Teilnehmeranschlußbereich können die bereits bestehenden Leitungen weiterbenutzt werden, so daß zur Umstellung vom Telefonnetz zum ISDN nur in der Teilnehmervermittlung und beim Teilnehmer elektronische Zusatzeinrichtungen benötigt werden, um ISDN abwickeln zu können. Derartige Zusatzeinrichtungen wurden in den letzten Jahren entwickelt, seit 1987 erprobt und werden im Regelbetrieb seit Anfang dieses Jahres verwendet. Auch in Frankreich sind die Zusatzeinrichtungen in Betrieb gegangen, so daß schon recht bald auch mit grenzüberschreitendem Verkehr im Bereich der EG begonnen werden kann.

Bereits heute können in der Bundesrepublik etwa 8000 Anschlüsse für ISDN in denjenigen Orten geschaltet werden, an denen eine Zentralvermittlungsstelle errichtet ist. Im nächsten Jahr (1990) sollen ca. 70 weitere Orte mit ISDN-Anschaltetechnik ausgerüstet werden, spätestens 1993 dürfte eine flächen- und mengenbedeckende Versorgung erreicht sein, wobei wichtige Nutzer bereits früher an fast jedem Ort der Bundesrepublik Zugang zum ISDN erhalten können. Ohne daß es bisher entsprechende Aussagen der Deutschen Bundespost gibt, darf wegen der niedrigen Kosten des Digitalnetzes damit gerechnet werden, daß auch die erhöhten monatlichen Grundgebühren für einen ISDN-Anschluß auf die eines normalen Telefonanschlusses reduziert werden, sobald der Anfangsbedarf gedeckt ist und die Fernmeldeindustrie genügend Gerät für den weiteren Ausbau liefern kann.

Um 1992 ist auch damit zu rechnen, daß die frühen Versuchsinstallation, die noch nicht in allen Details den internationalen Standards entsprechen, schrittweise gegen Einrichtungen ausgetauscht werden, die weltweit gleich gestaltet sind. Es darf aber davon ausgegangen werden, daß die Grundeigenschaften der gegenwärtigen Einrichtungen auch im überarbeiteten System beibehalten bleiben, so daß mit den Anschaltenormen der nächsten Generation alle Merkmale der gegenwärtigen Generation von ISDN-Anschaltensätzen erhalten bleiben. Man kann diesen Prozeß etwa mit dem vergleichen, der sich abspielte, als beim Fernsehen die Farbwiedergabe zusätzlich eingeführt wurde, so wie damals die Schwarz-Weiß-Fernseher weiter nutzbar bleiben, werden auch die einfacheren Anschaltensätze der heutigen Anschaltetechnik im endgültigen ISDN nutzbar bleiben.

In Europa sollen spätestens ab 1992 auch internationale Verbindungen nach dem ISDN-Standard durchgeführt werden, zur gleichen Zeit dürften auch Verbindungen nach USA, Kanada und Japan möglich sein. Vor allem in den weniger entwickelten Regionen der Erde wird dies erst später möglich sein. Alle Nationen haben aber über die UNESCO und deren Gliedorganisation, die CCITT, die Normen akzeptiert.

Das ISDN wird in mehreren Stufen in seiner Leistungsfähigkeit ausgebaut werden und letztendlich auch für die Verteilung hochauflösender Fernsehprogramme, für Bildfernsprechen und viele andere heute noch vielseitig als utopisch eingestufte Formen der Nachrichtenübermittlung nutzbar werden. Diese Ausbauschritte – vielfach wenig präzise als Breitband-ISDN bezeichnet – werden ab Mitte des nächsten Jahrzehnts im Regelangebot der Fernmeldeverwaltungen verwirklicht. Einige Vorversuche – z.B. das Breitband-Vorläufernetz und in Berlin das Pilotprojekt BERCOM – sind bereits im Gange und demonstrieren die technische Machbarkeit.

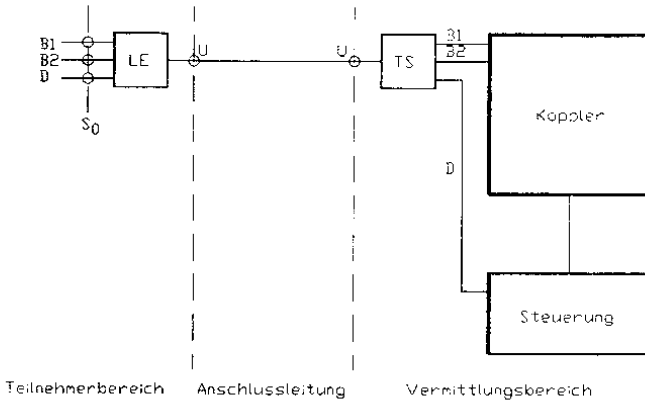
### 3. Technische Konzeption des ISDN

Das ISDN ist als sog. dienstunabhängiges Fernmeldenetz konzipiert, d.h. über das ISDN können alle Formen von Nachrichten übermittelt werden, solange nur die Übermittlungskapazität hinreicht. Weiterhin sind im ISDN je Anschluß zwei Verbindungen gleichzeitig herstellbar, die entweder beide von der gleichen Quelle zur gleichen Senke oder zu unterschiedlichen Senken führen können. Um den Verbindungsaufbau gegenüber herkömmlichen Fernmeldenetzen zu beschleunigen, sind Verfahren eingeführt worden, die auf einem eigenen Kanal die Zeichengabe bewirken. Im einfachsten Falle sind daher im Teilnehmeranschlußbereich zwei Nutzkanäle je 64 kb/s und ein weiterer Kanal mit 16 kb/s je Richtung vorgesehen. Darüber hinaus können bei späterem Ausbau weitere Kanäle mit höheren Bitraten nachgerüstet werden, wobei Kapazitäten von 2 Mb/s, 140 Mb/s in den nächsten Ausbauphasen bereits heute erkennbar sind.

Im Falle des gegenwärtig in der Einführung befindlichen ISDN der ersten Phase (Bild 1) werden die 64 kb/s-Kanäle als B-Kanäle und der 16 kb/s-Kanal als D-Kanal bezeichnet. Daher rührt die vielzitierte  $S_0$ -Schnittstelle, die je Richtung genau diese Bitraten für die unterschiedlichsten Endgeräte vorhält. Außerdem ist im Anschlußbereich ein Synchronkanal mit weiteren 16 kb/s vorgesehen, der aber für den Anwender nicht zugänglich ist. Die Gesamtbitrate im Teilnehmeranschlußbereich errechnet sich insgesamt zu 160 kb/s, die in beiden Richtungen auf einer Kupferdoppelader untergebracht werden müssen. Dies ist geschafft, entsprechende Anschlußeinrichtungen können sowohl in öffentlichen Netzen wie in Nebenstellenanla-

gen eingerichtet werden.

Es ist leicht einzusehen, daß für den Verbindungsaufbau zwar kurzzeitig eine Übermittlungskapazität von 16 kb/s recht nützlich sein kann, um einen schnellen Verbindungsaufbau zu ermöglichen, daß aber andererseits dieser Kanal bei normaler Endgerätenutzung kaum belastet wird. Man hat daher von Anfang an vorgesehen, daß mittelfristig auf dem D-Kanal zusätzliche Aufgaben abgewickelt werden können, die gegenwärtig entweder einen weiteren Hauptanschluß benötigen oder aber in den bestehenden Netzen recht kompliziert abgewickelt werden müssen.



**Bild 1: Schnittstellenkonzeption des ISDN im Teilnehmerbereich**

Der D-Kanal ist dafür in den einschlägigen Empfehlungen des CCITT in drei sog. Segmente aufgeteilt, die hinsichtlich der Prioritäten bei der Abwicklung von Verkehr unterschiedlich behandelt werden. Dies sind die s-, t- und p-Segmente. Das s-Segment dient der Übermittlung von Steuersignalen für den Verbindungsaufbau vom Teilnehmer zu der Vermittlungsstelle, an die der betroffene Teilnehmer angeschlossen ist. Es hat in den Empfehlungen die höchste Priorität. Die t- und p-Segmente sind derzeit hinsichtlich ihrer Priorität noch nicht verbindlich definiert, jedoch neigen einige Postverwaltungen dazu, das p-Segment vorrangig abzuwickeln.

Das p-Segment soll für die Übermittlung von Paketdatenverkehr vorgesehen werden, während das t-Segment für die Abwicklung von Telemetriedaten - vor allem im Bereich der Zählerablesung und Steuerung von zentralen Hausverwaltungsaufgaben vorgesehen ist.

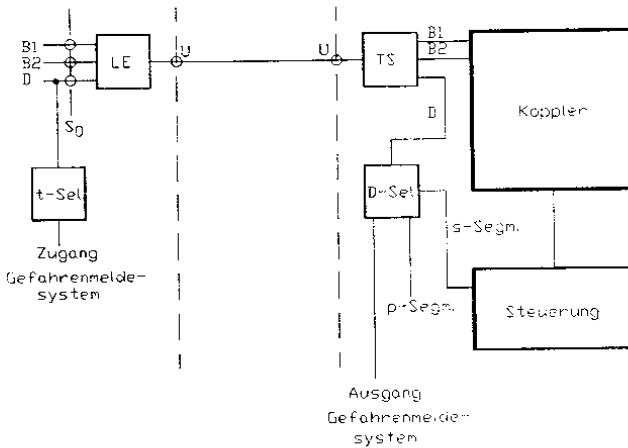
Im weiteren Ausbau des ISDN sollen dann als Breitbandkanäle sog. H-Kanäle vorgesehen werden, die Bitraten zwischen 2Mb/s und zunächst 140 Mb/s bereitstellen. Je nach Bitrate werden die H-Kanäle einen Index der Form  $H_x$  erhalten, wobei x eine Zahl ist, die für die Bitrate charakteristisch ist. Als erste Schnittstelle dieser Gruppe ist die  $S_{2M}$ -Schnittstelle bereits weitgehend definiert. Es kann davon ausgegangen werden, daß auch für die Breitband-Varianten des ISDN der D-Kanal unverändert bleiben wird. Somit ergibt sich bei diesen Anwendungen zusätzlich zur D-Kanal-Nutzung im t-Segment für Gefahrenmeldungen die Möglichkeit der vollen Bewegtbildübermittlung zur detaillierten Gefahrenerkennung.

#### 4. Das t-Segment als Element der Gefahrenmeldetechnik

Für die Übermittlung herkömmlicher und erweiterter Gefahrenmeldungen eignet sich das t-Segment sehr wohl. Mit einer Bitrate von - im Gefahrenmeldefalle - knapp 16 kb/s ist es hinreichend, um auch recht umfangreiche Meldungen von der Überwachungsstelle an die Meldezentrale zu übertragen. Das t-Segment hat weiterhin den Vorteil gegenüber dem TEMEX-Kanal, daß es schon sehr bald grenzüberschreitend eingesetzt werden kann und daß die Hersteller auf der Basis des t-Segments einheitliche Gefahrenmeldesysteme konzipieren können, die auf wesentlich größeren Märkten angeboten und daher aus Mengengründen kostengünstiger gefertigt werden können. Schließlich ist davon auszugehen, daß bei zusätzlichem Einsatz von B- oder H-Kanälen die reine Gefahrenmeldung sehr wirksam durch detaillierte Gefahrenerkennung ergänzt werden kann und damit gezielte Hilfe möglich ist. So kann beispielsweise wegen der Zweirichtungsübertragung im D-Kanal eine Fernsehkamera ohne zusätzliche Inanspruchnahme von weiterer Kanalkapazität ferngesteuert werden. Der zweite B-Kanal des ISDN steht in jedem Falle für eine Fernsprecheverbindung selbst dann zur Verfügung, wenn auf dem ersten Fernsehbildübertragung im sog. slow-scan-Mode abgewickelt wird. Beispielsweise bei Banküberfällen mit Geiselnahme ist eine solche Kombination sehr bedeutsam.

Technisch erhält man auf der Teilnehmerseite (Bild 2) vom Gefahrenmeldesystem über eine Selektionsschaltung Zugang zum D-Kanal, die hier als t-Selektor dargestellt ist und die in die Ebene 3 des OSI-Schichtenmodells eingreift. De facto wird es sich voraussichtlich um eine Schaltung handeln, die prüft, ob der D-Kanal keine

Zeichengabe abwickelt und die Gefahrenmeldedaten anbietet, sobald der D-Kanal für Zeichengabe nicht genutzt wird. Auf der Vermittlungsseite ist eine Schaltung vorzusehen, die die s-, t- und p-Segmente separiert, dies kann im Header der Meldung gekennzeichnet werden. Sollte das t-Segment auch für andere nachrangige Datenübermittlung zusätzlich genutzt werden, so ist das t-Segment nochmals aufzuspalten, hierfür sollten aber Abmachungen zwischen den Nutzern des t-Segments außerhalb der Hoheitsrechte des Netzbetreibers getroffen werden - also unmittelbar zwischen den Nutzern des t-Segments.



**Bild 2: Einfügen der p- und t-Segmente in das ISDN**

Das reine t-Segment muß aber noch an die Bedingungen angepaßt werden, die an eine gesicherte Meldungsübertragung zu stellen sind. Der gesamte D-Kanal ist zwar nach dem ISO-Konzept für eine gesicherte Datenübertragung aufgebaut, die Schicht 1 dieses Modells ist aber nur solange überwacht, wie Nachrichten über höhere Schichten ausgetauscht werden. Es ist daher nach dem gegenwärtigen Konzept möglich, daß ein Angriff auf die Schicht 1 - dies ist in der Praxis z.B. das Durchtrennen des Kabels - nicht rechtzeitig automatisch erkannt wird. Es muß also bei der Konzeption des t-Segments darauf geachtet werden, daß eine regelmäßige Überwachung für alle die Zugänge implementiert wird, die für Gefahrenmeldung benutzt werden

sollen. Da im D-Kanal-Protokoll in der Schicht 2 mit der HDLC-Prozedur nach LAP-D eine sehr wirkungsvolle Datensicherung gegeben ist, sollte auf ihr aufbauend die Überwachung der Verfügbarkeit des Gefahrenmeldesystems relativ einfach darstellbar sein. Zu klären wäre dabei vor allem, ob die Überwachung durch den Netzbetreiber oder den Betreiber der Gefahrenmeldeanlage zu gewährleisten ist und welche Gebühren erhoben werden sollen. Da allein die Überwachung des D-Kanals auf Verfügbarkeit auch die Verfügbarkeit der anderen Kanäle - also vor allem der Nutzkanäle der B- und H-Typen sichert, kann mit der Überwachung des t-Segments auch die Sicherheit der Gefahrenerkennungselemente in den Nutzkanälen weitgehend überprüft werden. Hinsichtlich dieser Bedingungen sollten die Gremien der Gefahrenmeldetechnik sehr bald aktiv werden, da die Interessenlage an der Nutzung des D-Kanals für die Paketdatenübermittlung sonst allzu leicht dazu führen kann, daß wichtige Entscheidungen gefällt werden, die die Nutzung des D-Kanals für die Gefahrenmeldetechnik erschweren oder gar ausschließen.

Es wurde bereits darauf verwiesen, daß der D-Kanal stets priorisiert für die Übermittlung von Zeichengabeinformation für den Aufbau von Verbindungen genutzt wird. Hieraus könnte die Meinung abgeleitet werden, daß damit der D-Kanal für die Übermittlung von Gefahrenmeldungen ungeeignet sei, da diese stets mit der höchsten Priorität zu übermitteln seien. Es sind daher Untersuchungen nötig, die die Belegung des D-Kanals mit Zeichengabesignalen simulieren. Im Rahmen von Diplomarbeiten wurde diese Frage seit Jahren bei TELENORMA untersucht [2,3,4], wobei die Simulationen allmählich verfeinert und durch praktische Untersuchungen ergänzt wurden. Dabei zeigt sich, wie nicht anders zu erwarten, daß der aus der Zeichengabe resultierende Datenverkehr dann zu einem Maximum wird, wenn die mittlere Belegungsdauer je Verbindung klein wird und eine manuelle Wahl vorliegt. Erweitert man diese Annahme auf zwei in dieser Weise betriebene Endgeräte, so können für zusätzliche Daten - diese könnten z.B. aus dem t-Segment kommen - Verzögerungen über die reine Übertragungszeit der s-Daten hinaus bis zu knapp zehn Millisekunden auftreten, wenn die Zeichenlänge der Meldung die maximal zulässige Größe von 260 Byte erreicht. Bei allen diesen Simulationen wurde bisher vorausgesetzt, daß der Zeichengabeverkehr derart abgewickelt wird, daß je Austauschvorgang in Schicht 2 maximal eine Wiederholung auftritt, d.h. daß spätestens nach einmaliger Wiederholung der Meldung diese als richtig auf der Empfangsseite erkannt wird. Gegenwärtig wird untersucht, ob diese Annahme dem worst-case im praktischen Betrieb entspricht, Ergebnisse sind noch in diesem Jahr zu erwarten. Aus der Praxis scheint sich abzuzeichnen, daß diese Annahme eher als zu pessimi-

mistisch einzustufen ist. Da aber die Zahl der Messungen noch klein ist, wird eine systematische Störungssimulation diese Messungen im Rahmen der laufenden Arbeit ergänzen.

Für die Auslegung des t-Segments zur Nutzung als Gefahrenmeldesystem gelten also folgende Bedingungen, die teilweise bereits erfüllt sind:

**A. Sicherheit der Übermittlungspfade**

Die Sicherheit der Übermittlungspfade muß durch stetige Überwachung in der Schicht 2 (LAP-D) gewährleistet werden. Hierüber muß mit dem Netzbetreiber verhandelt werden. Die Ergebnisse der Sicherheitsüberwachung sollten in der Gefahrenmeldestelle jederzeit bekannt sein. Genügend Kapazität steht hierfür auf dem D-Kanal zur Verfügung.

**B. Verkehrsbelastung des D-Kanals durch Zeichengabe**

Die bisherigen Simulationen weisen aus, daß zumindest der normal gestörte D-Kanal durch Zeichengabe auch im worst case nur mit wenigen MilliErlang in jeder Richtung belastet ist. Wegen der Kürze der Zeichengabemeldungen können im t-Segment bei Einhalten der durch CCITT vorgegebenen maximalen Blocklänge für Meldungen im D-Kanal maximal Verzögerungen bis zu wenigen 100 ms je Meldung auftreten, ein Wert, der für Gefahrenmeldungen hinreichend klein ist. Erste Messungen in der Praxis lassen geringere Störungen erwarten, Versuche, Messungen und Simulationen hierzu laufen noch.

**C. Optimale Länge einer Einzelmeldung**

Je Einzelmeldung muß die Blocklänge unter 260 Byte gehalten werden (CCITT-Festlegung). Um kleine Verzögerungszeiten zu erhalten, sollten die Gefahrenmeldungen als Paketdaten übermittelt werden, wobei bevorzugt je Paket 64 oder 128 Byte vorzuschlagen wären. Kann eine Meldung nicht vollständig in einem Paket übermittelt werden, so sollten im Sender und Empfänger des Gefahrenmeldesystems Mechanismen vorgesehen werden, die es erlauben, aus der ersten Meldung Gefahrenort und -art zu erkennen. In nachfolgenden weiteren Paketen sollte dann die Meldung weiter detailliert werden.

**D. Fernwirken in Gefahrenmeldesystemen**

Da die D Kanäle im Teilnehmeranschlußbereich wegen der Schicht 2 ohnehin bidirektional ausgelegt sind, kann nach Meldungseingang in der Meldestelle von dort aus mit Fernwirkprozessen eine Gefahreneinschränkung am Gefahrenort eingeleitet werden. Ebenso können beispielsweise sofort zum Gefahrenort B- und später H-Kanäle geschaltet werden, um detailliertere Gefahrenerkennung einzuleiten. In diese Gruppe würde z.B. das Einschalten und Steuern von Fernsehkameras am Gefahrenort und die Bildübermittlung über B- oder H-Kanäle gehören, aber auch das gezielte und räumlich beschränkte Auslösen von Sprinkleranlagen bei Bränden oder das Einleiten von Schutzmaßnahmen für Personen bei Überfällen.



#### **E. Priorisierung des t-Segments**

Noch sind die t- und p-Segmente des D-Kanals im ISDN nicht gegeneinander durch Prioritäten gestuft. Es muß von Seiten der Sachversicherer gegenwärtig in Gesprächen mit der Generaldirektion Wirtschaft der EG und mit den Netzbetreibern u.U. auch gegen deren wirtschaftliche Interessen versucht werden, das t-Segment vorrangig für Gefahrenmeldeaufgaben zu reservieren und dessen Priorisierung gegenüber den p-Daten zu erreichen.

Gerade die unter D aufgezeigte Möglichkeit der Steuerung von Hilfsmitteln am Gefahrenort und des Einschaltens von Verbindungen höherer Übermittlungskapazität zum Gefahrenort ohne Zutun der am Gefahrenort Betroffenen dürfte in ihren Auswirkungen erheblich sein, da dadurch die Reaktionszeit gegenüber dem materiellen Transport von Hilfsmitteln erheblich verkürzt werden kann. Es kann nicht Aufgabe dieser Arbeit sein, die daraus resultierenden Möglichkeiten im einzelnen darzustellen, sie werden sich auch sicher teilweise erst aus der praktischen Anwendung ergeben.

Es sei auch darauf verwiesen, daß mit derartigen Systemen nicht nur die klassische Gefahrenmeldetechnik über das gesamte Netz der Deutschen Bundespost ausgedehnt werden kann, sondern daß darüber hinaus auch neue Aufgabenbereiche die Gefahrenmeldetechnik ergänzen können, die bisher in getrennten Netzteilen abgewickelt werden. Die gleichen Mittel können beispielsweise auch zur Überwachung zeitweilig verlassener Räume genutzt werden. Ebenso ist es möglich, Kühlschränke und Heizungen auf Funktion zu überwachen oder bei der Altenhilfe Notrufe zu veranlassen.

#### **5. Die übrigen Kanäle des ISDN in der Gefahrenmeldetechnik**

Das p-Segment des D-Kanals ist ein weiteres Mittel, Daten von und zu einer Gefahrenstelle zu transportieren. Es sei aber darauf verwiesen, daß dieses Segment dann nur mit erheblicher Verzögerung zur Verfügung steht, wenn im t-Segment Gefahrenmeldungen übermittelt werden – vorausgesetzt, die Gefahrenmeldung wird gegenüber dem p-Segment priorisiert. Insoweit erscheint das p-Segment nur dann in der Gefahrenmeldetechnik sinnvoll einsetzbar, wenn der Benutzer des ISDN-Zugangs bereit ist, im Gefahrenfalle das p-Segment für Gefahrenmeldungen freizugeben – allerdings kann er dies nur in gehender Richtung, da er die Priorisierung in kommender Richtung nicht beeinflussen kann. Sollte es aber in Verhandlungen mit den Netzbetreibern – und hier insbesondere mit Unterstützung der DBP und der Generaldirektion Wirtschaft der EG – gelingen, das t-Segment im Gefahrenfalle als priorisiert gegenüber anderen Nutzungen des D-Kanals außer Zeichengabe einzustufen, so sollte auf die Mitbenutzung des p-Segments völlig verzichtet werden.

Die beiden B-Kanäle sind als voneinander unabhängige Kanäle im ISDN-Vorschriftenwerk festgelegt. Dies bedeutet, daß auch im Gefahrenfall die Gesamtkapazität von 128 kb/s nicht genutzt werden kann, da Bittransparenz nicht gegeben ist. Dennoch kann auch über einen einzelnen 64 kb/s-Kanal beispielsweise im slow-scan-Mode eine Bildübertragung erreicht werden, die eine erhebliche Auflösung bietet. Die modernen Verfahren der Quellcodierung erlauben es dabei, auch sehr ins einzelne gehende Bilder vom Gefahrenort zu übermitteln, wenn nur auf Echtzeitbewegung verzichtet wird. Für Gefahrenobjekte mit hohem Wert oder großem Gefährdungspotential sind solche Verfahren bereits derzeit sinnvoll nutzbar, 64 kb/s-Kanäle können auf Antrag fast flächendeckend in der Bundesrepublik angeboten werden, die später - hier meine ich innerhalb Jahre - nahtlos ins ISDN übergeführt werden können. Während also die Nutzung des t-Segments an das ISDN gebunden ist, kann die Nutzung der B-Kanalkapazität bereits heute eingeleitet werden. Gerade im Falle der Umweltgefährdung oder des Schutzes besonderer Werte sind hierfür alle Möglichkeiten gegeben - die Gefahrenmeldetechnik sollte dieses vorhandene Potential nutzen, um frühzeitig Erfahrungen in der digitalen Welt zu sammeln, die nicht mehr die Welt von morgen ist, sondern bereits begonnen hat.

Zu den verschiedenen hochkapazitiven H-Kanälen sind im Vorläufer-Breitbandnetz der Deutschen Bundespost ebenfalls in erheblichem Umfang Zugänge möglich, die zwar noch nicht in allen Einzelheiten den Definitionen eines zukünftigen breitbandigen ISDN-Zugangs entsprechen, aber dennoch für Pilotinstallationen sehr nützlich sein können. Neben der Fernsehkonferenztechnik machen vor allem Medizin- und Drucktechnik in großem Umfang von diesen Angeboten Gebrauch. Ich meine, hier sollte die Gefahrenmeldetechnik ebenfalls Erfahrungen sammeln, um frühzeitig ihren Bedarf an Breitband-Kanälen quantifizieren zu können.

## 6. Schlußbemerkung

ISDN in seinen verschiedenen Erweiterungen und Ausbauten ist nicht mehr das System der Zukunft, sondern in zügigem Ausbau begriffen. Als europaweites Fernmeldesystem bietet es hervorragende Möglichkeiten, das Erkennen und Verhüten von Gefahren zu verbessern. Noch sind die Möglichkeiten des D-Kanals als eines kostengünstigen Mittels für die einleitende Gefahrenmeldung und Gefahrenminimierung nicht erkannt. Es sollte aber vor allem auch im Interesse der Sachversicherer liegen, dieses Mittel zu nutzen. Hierzu ist es dringend erforderlich, daß sich die Sachversicherer an der Diskussion um die Gestaltung des D-Kanals zu einem Zeitpunkt beteiligen, zu dem noch Gestaltungsmöglichkeiten gegeben sind. Dieser Zeitpunkt

ist spätestens in den nächsten zwei Jahren verpaßt, da dann von den Fernmeldeverwaltungen die p- und t-Segmente des D-Kanals nach deren Vorstellungen in CCITT-Empfehlungen festgeschrieben sind. Danach ist ein Abgehen von diesen Empfehlungen nahezu unmöglich. Insoweit ist es bereits "fünf vor zwölf".

#### Literaturhinweise

1. Plank, K.-L. ISDN und Gefahrenmeldetechnik  
Security-Kongreß 1986  
Tagungsband Halbttag C
2. Aust, Ch. Lastsimulation für den Zeichengabekanal  
beim ISDN-Basisanschluß  
Diplomarbeit RWTH Aachen, 1986
3. Immerschitt, J. Messung der Belastung des Zeichengabekanal  
beim ISDN-Basisanschluß durch Signalisierung  
Diplomarbeit RWTH Aachen, 1987
4. Dai, Z. Untersuchung der Auslastung des ISDN-D-Kanals  
beim busfähigen Basisanschluß  
Diplomarbeit RWTH Aachen, 1988



**H. Brüntrup**

**Siemens AG, München, Bundesrepublik Deutschland**

**Auswirkungen der weiterentwickelten Sensorik auf die Übertragungsmöglichkeiten im ISDN**

Auf dem Wege von der Erfassung der physikalischen Brandkenngroße bis zur Alarmierung der hilfeleistenden Stelle sind Daten zu verarbeiten und zu übertragen. Dies geschieht in einem arbeitsteiligen Prozeß, an dem eine Vielzahl von Elementen mit verschiedener interner Intelligenz beteiligt ist. Die einzelnen Elemente sind durch Übertragungstrecken miteinander verbunden. Im Rahmen einer technisch-wirtschaftlichen Optimierung wird in jedem Verarbeitungsschritt versucht, eine angemessene Datenreduktion zu erreichen. Dadurch werden nachfolgende Elemente entlastet und stehen für die Verarbeitung oder Übertragung von Daten aus anderen Quellen zur Verfügung. Verschiebungen können sich bei einer solchen Arbeitsteilung ergeben, wenn sich - bedingt durch die technologische Entwicklung - neue Aspekte in der wirtschaftlichen oder technischen Beurteilung ergeben.

Auf der Tagung AUBE '89 werden die neueren Ergebnisse der automatischen Brandentdeckung vorgetragen. Auf der CeBIT '89 wurde die Inbetriebnahme des ISDN, des diensteintegrierenden digitalen Fernmeldenetzes herausgestellt. Das alles ist Anlaß genug, die Auswirkungen und Möglichkeiten zu untersuchen, die sich in naher Zukunft ergeben werden.

### Die Eigenschaften des ISDN

Die Attraktivität des öffentlichen Fernmelde-netzes resultiert u.a. aus der weltweiten Verbreitung, den einfachen Zugangsmöglichkeiten und der Erreichbarkeit eines beliebigen Kommunikationspartners. Das ISDN baut diese Attraktivität erheblich aus durch die große Übertragungskapazität, die einheitliche digitale Kommunikationsstruktur, die geringe Blockierungswahrscheinlichkeit und kurzen Verbindungsaufbauzeiten im Vermittlungsteil und schließlich durch die hohe Wirtschaftlichkeit auf Grund der gemeinsamen Nutzung der Einrichtungen für alle Dienste. Das ISDN-Übersichtsbild zeigt alle Einrichtungen und Begriffe, die in den folgenden Ausführungen verwendet werden.

### Das ISDN im Dienst der Alarmorganisation

Die Alarmorganisation ist die Summe aller Maßnahmen und logischen Abläufe, die im Alarmfall zum Tragen kommen sollen, um einen weitestgehenden Schutz von Personen und Sachwerten vor Brandschaden zu erreichen. Diese Maßnahmen und Abläufe sind während der Projektierungsphase der Brandmeldeanlage zu planen. Das Ergebnis dieser Planung sind im einfachsten Fall die Schleifenpläne beim Betreiber der Brandmeldeanlage und die Objekt- bzw. Zufahrtspläne der Berufsfeuerwehr. Durch den Einsatz von großen Datenbanken kann die Alarmorganisation wesentlich detaillierter und alarmortspezifischer ausgestaltet werden. Insbesondere können Graphiken vorbereitet werden, die den genauen Alarmort, den Rettungsweg, die Raumnutzung und die ggf. dort gelagerten gefährlichen Güter ausweisen. Voraussetzung für eine solche Detaillierung aber ist eine leistungsfähige Sensorik, die den Brandfall genügend genau beschreiben kann. Kurzum, für den Brandfall sind eine Fülle von zweckdienlichen Daten vorbereitet, die ggf. dem hilfeleistenden Personal schnellstmöglich zur Verfügung gestellt werden müssen. Dabei

scheidet die vorsorgliche Übertragung und Archivierung dieser Daten in der hilfeleistenden Stelle aus, weil die Aktualisierung privater Daten nicht zur Aufgabe der Berufsfeuerwehr gemacht werden sollte.

Hier kann nun das ISDN seine besonderen Vorzüge unter Beweis stellen:

Verbindungsaufbau und Übertragung einer Textseite ist in weniger als 2 Sekunden vollzogen und jede zusätzliche Vollgraphikseite benötigt weitere 2 Sekunden. Leider haben die Drucker gegenwärtig noch Probleme, mit dieser Geschwindigkeit Schritt zu halten, vor allem, wenn eine Farbgraphik gedruckt werden soll. Die Einsatzkräfte werden jedoch auf das bedruckte Papier nicht verzichten können, damit während der Fahrt zum Einsatzort das weitere Vorgehen festgelegt werden kann.

So nützlich alle diese Informationen auch sein mögen, im Notfall, wenn eine Übertragung nicht rechtzeitig möglich ist, muß der Einsatz auch ohne diese Daten zielgerichtet durchführbar sein.

#### Das ISDN im Dienst der Verbesserung des Brandschutzes

Eine moderne Brandmeldeanlage kann große Datenmengen speichern und verarbeiten nicht zuletzt wegen der Anforderungen der weiterentwickelten Sensorik. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, daß sich eine solche Anlage bei festgestellten Unregelmäßigkeiten sehr präzise über die möglichen Ursachen äußern kann.

Hauptzielrichtung der Weiterentwicklung der Sensorik für die automatische Brandentdeckung ist die zuverlässige Alarmerkennung und Unterscheidung von anderen Zuständen mit ähnlichen physikalischen Eigenschaften. Trotz verbesserter Sensorik kann auf eine sorgfältige Projektierung und Installation nicht verzichtet werden. Mängel darin können von der Sensorik erkannt und von der Brandmeldeanlage zusammen mit dem relevanten physikalischen Umfeld datenmäßig festgehalten werden. Ein langfristiges Sammeln solcher Daten und deren Interpretation wird jedoch einer Brandmeldeanlage nicht möglich sein.

Hier kommt nun wieder das ISDN zum Zuge: Immer, wenn die Brandmeldeanlage einen Datensatz abgeschlossen hat, wird dieser über das ISDN an einen vorbestimmten Empfänger übertragen. Dort wird der Datensatz einer Datenbank übergeben und zu gegebener Zeit mit einem geeigneten Algorithmus ausgewertet. Als Ergebnis kann man einen Vorschlag zur Verbesserung der Projektierung oder der Installation erwarten, so daß Täuschungseinflüsse in ihrer Wirkung weiter reduziert werden können. Die ständige Übertragung aller Sensormesswerte zu einer zentralen Stelle zum Zweck der Alarmauswertung ist wirtschaftlich nicht zu vertreten und auch technisch nicht sinnvoll. Die Verarbeitungsintelligenz zur Auswertung der Sensoren steht heute so preiswert zur Verfügung, daß eine Zuordnung zu einigen Meldern oder einigen Meldergruppen eine wirtschaftlich und technisch optimale Lösung ermöglicht.

#### Das ISDN im Dienst der Verfügbarkeit des Brandschutzes

Während des normalen Betriebes einer Brandmeldeanlage kann die Sensorik, insbesondere durch Verschmutzung, einer Degradation unterliegen. Moderne Sensorsysteme können diese bis zu einer gewissen Grenze ausgleichen. Aus der Betrachtung eines einzelnen gegenwärtigen Sensormesswertes kann in der Regel nicht zuverlässig auf die Degradation geschlossen werden. Vielmehr ist eine Beobachtung über einen bestimmten Zeitraum erforderlich. Es kann vorteilhaft sein, die Auswertung der Sensordaten mit einem geeigneten Algorithmus bezüglich Degradation als Dienstleistung zentral zu realisieren. Anlagen mit starken Degradationseinflüssen könnten -angeschlossen an das ISDN- ihre Daten dieser Servicestelle übertragen, die dann die erforderlichen Austauschmaßnahmen einleitet. Auch unter schwierigen Betriebsbedingungen läßt sich so die Meldebereitschaft einer Anlage sicherstellen.



### Das ISDN im Dienst der Alarmierung ?

Bereits bei den ersten Festlegungen zum ISDN-Basisanschluß war klar, daß es neben den beiden b-Kanälen á 64 kBit/s einen d-Kanal mit 16 kBit/s geben wird. Auch die Aufteilung des d-Kanals in einen s-Kanal für die Signalisierung, in einen p-Kanal für paketorientierte Daten und einen t-Kanal für Telemetriedaten wurde bereits vor zehn Jahren diskutiert. Gerade auf den t-Kanal konzentrieren sich die Erwartungen für die Übertragung von Gefahrenmeldungen d.h. für die Alarmierung einer hilfeleistenden Stelle.

Die Realität -dargestellt in der FTZ-Richtlinie 1 TR 3 (Realisierung 1988/90)- sieht so aus, daß das d-Kanal-Protokoll nur für die s-Daten spezifiziert ist, die p-Daten unter "offene Punkte" erwähnt werden und über die t-Daten gar nichts Verbindliches ausgeführt ist. Mit anderen Worten: in der ersten Realisierungsstufe ist eine Übertragung von Telemetriedaten nicht vorgesehen. Bei der öffentlichen Inbetriebnahme des ISDN anläßlich der diesjährigen CeBIT wurde aber der Zeit-horizont für die weitere Ausgestaltung des ISDN aufgezeigt.

=====  
Neue Dienste im ISDN bis 1995  
=====

1989    **Telefondienst**  
         **Teletexdienst**  
         **Telefaxdienst (Gr.4)**  
         **Bildschirmtextdienst (64 kbit/s)**  
         **Datenübermittlungsdienst**  
                                 **(leitungsorientiert)**  
         **Zugang zu Datex-P**  
         **Festverbindungen Gr.2 und Gr.3**

1990    **Telefondienst (7kHz)**  
         **Bildtelefondienst**

1991    **Datenübermittlungsdienst**  
                                 **(paketorientiert)**

1992    **Datenkommunikationsdienste**  
         **Graphiktelefondienst**

1995    **TEMEX**

=====  
Es ist ersichtlich, daß die Erweiterung des  
d-Kanals erst im Jahr 1991 mit der Integration  
der p-Daten einsetzt. Die t-Daten sollen dann  
vier Jahre später folgen. Es stellt sich die  
Frage, warum die Integration der t-Daten erst  
so spät möglich wird.  
Ein Grund dafür ist in dem ISDN-Speise- und  
Mehrfachnutzungskonzept zu suchen.

=====  
**Speisekonzept für den Basisanschluß**  
=====

**Normalbetrieb:**

Netzabschluß und ggf. der Zwischenregenerator werden aus der Vermittlung gespeist. Der S-Bus und die Telefone werden aus dem Netzgerät des Netzabschluß versorgt.

**Notbetrieb:**

Netzabschluß, der S-Bus mit einem Telefon in Grundfunktion und ggf. der Zwischenregenerator werden aus der Vermittlung gespeist.

**Power-Down-Zustand:**

Ist im inaktiven Zustand für alle aus der Vermittlungsstelle gespeisten Geräte gefordert.

(Aktivierungszeit: min. 170 ms; max. 14s)

(Deaktivierungszeit: <100ms )

=====  
Die Verfügbarkeit der Daten am S-Bus ist zwar im Normal- und im Notbetrieb sichergestellt, der geforderte Power-Down-Zustand verhindert jedoch die Möglichkeit einer permanenten Überwachung der Teilnehmeranschlußleitung, weil in diesem Zustand keine Daten gesendet werden können.

Die Vermittlungsstelle leitet den Deaktivierungsvorgang ein, damit bestimmte Einrichtungen wechselzeitig für mehrere Teilnehmer gemeinsam benutzt werden können. Es sind also vorrangig wirtschaftliche und keine technischen Gründe maßgebend.

Durch Parametrierung der Vermittlungsstelle, kann die Deaktivierung für einzelne privilegierte Leitungen unterbunden werden, für eine allgemeine Anwendung kommt diese Maßnahme jedoch nicht in Betracht. Nun muß aber davon ausgegangen werden, daß gerade ISDN-Teilnehmer genau den Teilnehmerkreis markieren, der ein besonderes Schutzbedürfnis hat und Daten zur Alarmierung übertragen möchte.

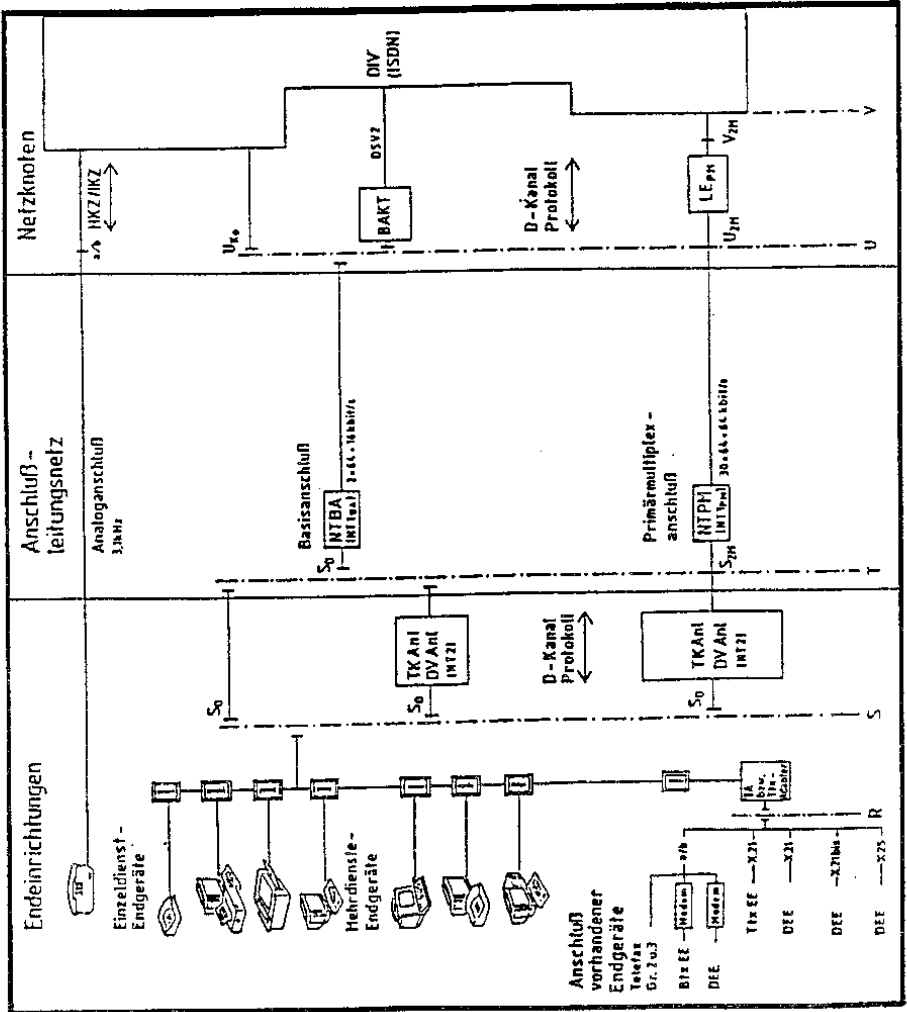
Wesentlich aussichtsreicher scheint der Weg zu sein, die relativ kurzen Aktivierungs- und Deaktivierungszeiten auszunutzen, um eine periodische Überwachung der Teilnehmeranschlußleitung zu ermöglichen.

Die t-Daten und darin wieder besonders die Alarmierungsdaten benötigen somit eine Sonderbehandlung, die gemessen am großen ISDN-Gesamtwerk nicht die höchste Priorität besitzt.

Die heutigen Überlegungen gehen davon aus, daß der TEMEX-Dienst sich in seinen Grundelementen unverändert in das ISDN überführen läßt. Insbesondere sollen die heute bekannten TEMEX-Schnittstellen auch im ISDN verfügbar sein und die Struktur der TEMEX-Zentralen/ - Hauptzentralen mit den daran angeschlossenen Leitstellen unverändert bleiben d.h. die Integration wird auf die Teilnehmeranschlußleitung und wenige Teile der Netztechnik beschränkt sein.

**Abschließend** läßt sich feststellen, daß das ISDN betriebsbereit ist und Leistungseigenschaften bietet, die -insbesondere in Verbindung mit der weiterentwickelten Sensorik unbedingt für die Verbesserung der Alarmorganisation, des Brandschutzes der Verfügbarkeit des Brandschutzes und -sobald möglich- für die Alarmierung genutzt werden sollte. Zweckmäßigerweise sollte man sich dabei auf die Anwendungen konzentrieren, die bereits mit den heute verfügbaren Mitteln möglich sind. Darüberhinaus müssen alle Maßnahmen unterstützt werden, die einen im Sinne der VDE0833 gesicherten "ISDN-Dienst für Gefahrenmeldeanlagen" ermöglichen.

# ISDN





U. Oppelt

Telenorma, München, Bundesrep. Deutschland

### Nutzung neuer Dienste der DBP für die Brandalarmübermittlung

#### 1. Einleitung

Dieser Beitrag versucht einige Aspekte der Datenübertragung über Postleitungen anzureißen und eventuelle Vorteile, die sich für Betreiber von BMA und Feuerwehren daraus ergeben können, aufzuzeigen.

Brandmeldungen von auf die Feuerwehr angeschalteten Brandmeldeanlagen werden heute bevorzugt über gemietete Standleitungen der Post übertragen. Die Standleitung wird permanent auf Unterbrechungsfreiheit überwacht. Merkmal einer solchen Verbindung ist, daß Sender und Empfänger ohne zeitliche Unterbrechung miteinander verbunden sind. Dieses Verfahren ist somit exklusiv, daher entsprechend zuverlässig aber für den Betreiber einer Brandmeldeanlage kostenintensiv. Durch die Nutzung von anderen Postdiensten müßten dann Kosten eingespart werden können, die Leitungen amortisieren sich zwischenzeitlich durch andere Benutzer oder durch Parallelnutzung mehrerer Kanäle der gleichen Leitung. Die Kosten müssen dann nur für die Endgeräte aufgebracht werden. Nun muß man sich die Frage stellen, ob in einem Fall tatsächlich anstehender Brandalarmübermittlung eine Leitung mit ausreichender Verfügbarkeit in einem kurzen Zeitraum zur Verfügung gestellt werden kann. Der Ausfall von Endgeräten gemäß VDE 0833 muß erkannt werden.

Über Standleitungen wird an die Feuerwehr nur die Meldung "Brand" übermittelt. Die Ortsinformation wird aus der Zugehörigkeit der Leitung zur Hauptmeldezentrale abgeleitet und beinhaltet nur die Globaladresse. Störung der Leitung wird an der ÜAG angezeigt.

## 2. Möglichkeiten und Stand der Verbindungs-Techniken

Vier sich grundsätzlich unterscheidende Verfahren werden im folgenden beleuchtet:

- Telefonwählgeräte (analoges Wählnetz)
- TEMEX
- ISDN (digitales Wählnetz)
- gemietete Stromwege

### 2.1. Telefonwählgeräte (AWAG, AWUG) (Bild 1:)

Telefonwählgeräte sind nicht neu, aber es soll die Leistungsfähigkeit parallel zu neuen Diensten mit betrachtet werden. Sie benutzen das Sprachband des existierenden analogen Telefonwählnetzes. Durch die Verwendung eines eigenen Hauptanschlusses kann das zufällige Belegen der Leitung von außen unterbunden werden. Die Freiheit der Leitung zum Feuerwehranschluß ist jedoch nicht gewährleistet (Überlastung des Wählnetzes in Spitzenzeiten). Die Verbindungsaufbauzeiten entsprechen denen des allgemeinen Wählnetzes und liegen bei ca. 10 s [1]. Hiermit liegt man mit den Übertragungszeiten außerhalb der Forderungen von VDE 0833. Es bleibt zu diskutieren in welchen Zeiten im Mittel eine Brandmeldung über ein AWAG/AWUG erfolgt und ob der Gewinn an Schadensverhinderung gegenüber keiner Brandmeldung eine Toleranz gegenüber der Norm rechtfertigt.

AWUGs (automatische Wahl- und Übertragungsgeräte) können verschlüsselt bis zu acht Kriterien zu übertragen. Bei geeigneter Codierung könnte so z.B. eine Meldergruppennummer mit übertragen werden. Die Kosten durch die Post beschränken sich auf die Gebühren der entsprechenden Anschlußdose. Bei der Feuerwehr müßte eine entsprechende Empfangszentrale für Daten von AWUGs installiert werden. Zur Zeit haben sich auf dem Markt verschiedene Verfahren für "digitale



Kommunikatoren" eingebürgert, so daß man sich auf einen Standard einigen oder für jedes Verfahren eine eigene Empfangszentrale einrichten müßte. Es ist sicher nicht im Sinne der Feuerwehr sich auf unterschiedliche technische Lösungen universell einzustellen. Sicherheitsdienste, die die Vielfältigkeit solcher Einrichtungen heute bereits besitzen, könnten als Relaisstationen dienen und gegenüber der Feuerwehr mit einheitlichen Meldungen dienen.

## 2.2 TEMEX (Bild 2:)

Mit der Einführung von TEMEX bietet die DBP einen Dienst an, um Fernwirkdaten zu übertragen. Im Endausbau ist ein flächendeckender und preiswerter Dienst geplant. Eine dominierende Anwendergruppe wird die Gefahrenmeldetechnik sein. Die Übertragung der Fernwirkinformationen erfolgt mit Hilfe eines Frequenzmultiplexverfahrens, bei dem die Daten über die vorhandene Telefonanschlußleitung im 40 kHz-Bereich, also oberhalb des Sprachbands von 3,4 kHz übertragen wird. Im Temex-Netzabschluß und am Sitz der zuständigen Ortsvermittlungsstelle in der Temexzentrale erfolgt die Trennung der Signale über Frequenzweichen. Temex ist kein Wählnetz, die Informationen an den Endgeräten werden vielmehr zyklisch (typisch 3s) abgefragt. Im Gegensatz zum AWUG kann es nicht zu einer "Besetzt-Situation" kommen. Temex geht von regionalen Anwendungen aus, Verbindungen überregional sind mit diesem Dienst nicht möglich. Die Weiterleitung der Information von der Temex-Hauptzentrale zu den Fernwirkleitstellen, im Falle einer Brandmeldung wäre dies die Feuerwehr, erfolgt über Datel-Dienste, wie z.B. über eine HfD-Verbindung oder über das Dateg-L-Netz. Die Datenraten sind stark eingeschränkt, so daß bei der zur Verfügung gestellten Kanalkapazität viele Teilnehmer mit einer sicheren und schnellen Übertragung rechnen können. Brandmeldungen gehören in die Kategorie selten auftretender Ereignisse mit geringem aber wichtigem Informationsgehalt. Die Post garantiert den Durchsatz einer Meldung innerhalb 7 Sekunden, so daß die Forderungen von VDE 0833 an dieser Stelle eingehalten werden. Die Post überwacht die Verbindung zwischen TNA und TZ, so daß Störungen erkannt und an die Fernwirkleitstelle übertragen werden. Temex-Hauptzentralen sol-

len doppelt ausgeführt werden, daß bei Ausfall einer Zentraleinrichtung die zweite Zentrale einspringt. Die Post stellt hiermit einen Dienst zur Verfügung, der durch die Diskussion mit den Herstellern von GMA auf dessen Bedürfnisse eingeht.

Temex bietet eine preiswerte Alternative zu Verbindungen über gemietete Stromwege unter Einhaltung von VDE-Bestimmungen und ermöglicht somit Brandschutz auch für Betriebe mit einem Umfang, die sonst auf eine EMA verzichtet haben. Der Verzicht auf fest geschaltete Leitungen und der Übergang zu Wählverbindungen dient der ökonomischen Ausnutzung des Postnetzes und stellt somit im weiteren Sinn sogar einen Beitrag zum Umweltschutz dar.

Die Post plant bei Bedarf den TEMEX-Dienst in Zukunft auch unter ISDN anzubieten.

### 2.3 ISDN

Mit der Einführung von ISDN durch die DBP werden das bisher analoge Fernsprechnetz und die bereits vorhandenen Dienstenetze wie Telex, Datex-L und Datex-P (IDN) in ein gemeinsames Netz integriert. Bis 1993 soll ISDN flächendeckend angeboten werden [4]. Mit der Einführung von ISDN wird es für den Anwender leichter und billiger auf eine schnelle Verbindung mit hoher Datenrate zuzugreifen. ISDN besitzt für jeden Basisanschluß zwei B-Kanäle mit einer Datenrate von 64 KBit/s und einen Signalisierungskanal (D-Kanal) mit 16 KBit/s. Jeder der beiden B-Kanäle kann wahlweise Sprache oder Daten transportieren. Der D-Kanal beinhaltet die Verbindungsinformationen und kann darüber hinaus auch für die Übertragung von Zusatzinformationen verwendet werden. Die genannte Datenrate erlaubt die Übertragung eines Telefax (CCITT) mit einem Inhalt von ca. 300000 Bit/Seite in ca. 5 Sekunden.

### 3. Nutzen von Datenübertragung bei Brandmeldungen

In der Brandmeldetechnik hat man sich bis vor kurzem einfacher aber zuverlässiger Techniken auf der Übertragungsseite sowohl vom Melder zur BMA als auch von BMA zur hilfeleistenden Stelle bedient. Noch heute ist die Gleichstromlinientechnik ein Standardverfahren und man begnügt sich bei einer Meldung oft mit der ungefähren Ortsinformation einer Meldergruppe unter Verzicht auf die Einzelmelderidentifizierung mit eindeutiger Ortsangabe. Dies ist sicher auch damit zu begründen, daß es keine wirklich klaren Umsetzungen solcher Informationen an der "Mensch-Maschinen-Schnittstelle" für das schnellere Eingreifen des Menschen im Ernstfall gibt. Der heutige Stand der Informationsübertragung und die Kenntnisse guter bedienergeführter Anzeigesysteme bei geringen Kosten lassen jedoch einen praktikablen Einsatz von Mehrinformation sinnvoll erscheinen. Die Zusatzinformationen an der BMZ anzuzeigen, ist Angelegenheit der jeweiligen Zentralen- und Melderhersteller. Es bleibt zu diskutieren, ob aus diesen Mehrinformationen auch die Feuerwehr profitieren kann. Dies bedingt eine Übertragung von mehr Informationen über die nackte Brandmeldung hinaus. Im ersten Schritt erscheint eine verschlüsselte Ortsinformation sinnvoll die in eine für den Feuerwehrmann relevante Nachricht übersetzt werden muß. Am Beispiel eines Krankenhauses könnte diese Nachricht modellhaft folgendermaßen aussehen:

- a BMZ Maria Hilf Krankenhaus
- b Meldergruppe 10; Meldernr. 15;
- c F E U E R
- d Maria Hilf Str. 3 ... 9
- e Einfahrt über Nebenstr. 5
- f Gebäude D
- g 3. Stock
- h Radiologie
- i Raum 305
- j Vorsicht giftige Chemikalien

a, b, c sind die Meldungen, die die ÜAG übermittelt bekommt. Aus dieser Nachricht können über vorliegende Kenntnisse der Projektierung weitere Informationen gewonnen werden, so die genaue Lage des aktiven Melders. Aus zusätzlichen Informationen, die der Betreiber der Anlage zur Verfügung stellen muß, können dann die für das Anrücken der Feuerwehr wichtigen Einzelheiten abgeleitet werden, wie die schnellste Zufahrt zum Brandort, Lage des Brandortes (große Leiter), Vorhandensein des nächsten Hydranten, Lagerung gefährlicher Stoffe in der Nähe, erhöhte Personengefährdung (Brand in Intensivstation). Über die Anzahl weiterer Meldungen kann auf den Umfang des Brandes geschlossen werden. Alle Lageinformationen können über einen graphischen Lageplan verdeutlicht werden in dem Engpaß, wie z.B. zu niedrige Durchfahrten usw. mit eingezeichnet sind. Die optimale Zufahrt kann zur besseren Orientierung z.B. durch einen Strich gekennzeichnet sein. Informationen über die schnellste Anfahrt (Umleitungen, Straßenbau) stellen die Feuerwehren auf Grund der Ortslage selbst zur Verfügung.

Die Feuerwehr kann auf zwei Wegen zu den Detailinformationen kommen:

- sie leitet sich alle Informationen aus der Melderadresse selbst ab. Dies bedingt, daß alle dazugehörigen Details bei der Feuerwehr vorliegen und in einem entsprechenden Rechner abgespeichert sind. Es ist vorstellbar, daß bei der für ein ganzes Stadtgebiet zuständigen Feuerwehr der einzusetzende Hintergrundrechner eine entsprechende Leistungsfähigkeit besitzen muß. Die Aktualisierung der Daten erfordert ein diszipliniertes Zusammenspiel zwischen Feuerwehren und Betreiber der BMA.
- sie erhält die Daten unverschlüsselt von der BMA. Hintergrund Datenspeicherung und Aktualisierung ist Sache des Betreibers der BMA. Die Datenübertragung bedingt allerdings einen Kommunikationsweg, der entsprechend zuverlässig und kostengünstig ist. Weiterhin müssen sich Hersteller von BMA und Feuerwehren auf einheitliche Protokolle der Datenübertragung einigen.

#### 4. Vergleichsdaten

Für die Verwirklichung der o.g. Übertragung der Mehrinformationen sollen die verschiedenen in Frage kommenden Verbindungswege in ihren wesentlichen Merkmalen gegenübergestellt werden.

##### 4.1 Verbindungsaufbau

analoge Wahlverbindung	10 .. 15 s	(AWAG, AWUG)
TEMEX	3 .. 7 s	(Abfrageverfahren)
ISDN	< 1 s	
gemieteter Stromweg	0 s	(permanent geschaltete Verbindung)

Man erkennt, daß eine Verbindung über AWAG/AWUG nicht die Bestimmungen von VDE 0833 einhalten kann. Bei Temex garantiert die Post eine Übertragung der Meldung innerhalb von 7 s, so daß die Norm eingehalten wird. Auf Grund des Vermittlungsverfahrens im ISDN-Netz kann eine Verbindung sehr schnell aufgebaut werden, jedoch wird von der Post keine Garantie für diesen Wert und für das tatsächliche Zustandekommen der Verbindung übernommen. Eine fest durchgeschaltete Verbindung (HfD: Hauptleitung für Direktruf) wird von den Endgeräten der Brandmeldezentrale auf Verfügbarkeit überwacht. Durch die feste Verschaltung treten keine Verbindungsaufbauzeiten auf. Die Post plant unter ISDN ebenfalls permanente und semipermanente Verbindungen zu schalten.

#### 4.2 Datenraten

AWUG	4 .. 8 Bit
Temex	200/400/600 mal 1 Bit-Telegramm/Monat 2000 mal 8 Bit-Telegramm/Monat (abh. von Schnittstelle und Gebühr) [2]
ISDN	64 KBit/s je Kanal
gemieteter Stromweg	ab 3.1 kHz

Ein AWAG gibt seine Meldung über ein Tonband ab. Ein maschineller und automatischer Empfang ist damit nicht möglich. Ein AWUG sendet je nach Typ eine 4 oder 8 Bit Nachricht. Damit sind gewisse Unterscheidungen oder Zusatzinformationen denkbar. TEMEX läßt an der TSS 11 und TSS 12 Schnittstelle nur Telegramme mit einer Wortlänge von einem Bit zu. Man erhält damit nur eine Aussage ob ein Brand oder kein Brand vorliegt. TSS 13 läßt ein Datentelegramm von 8 Bit zu, man hat damit ähnliche Voraussetzungen wie bei einem AWUG. Weiterhin beschränkt TEMEX die Häufigkeit von Meldungen auf z.B. 200, 400, 600 (TSS 11,12) bzw. 2000 (TSS13) Telegramme pro Monat. Bei einer Überschreitung dieser Zahl gehen zwar keine Meldungen verloren, es ist jedoch anzunehmen, daß bei genereller Überschreitung die Übertragungszeiten zunehmen. ISDN stellt eine Wahlverbindung mit bei dieser Betrachtung relativ hohen Datenrate dar. Ist die Verbindung hergestellt, so hat man eine End zu End Übertragung von 64 KBit/s für so lange Zeit zur Verfügung, so lange man die Verbindung aufrecht erhält.

HFD aber auch gemietete Stromwege lassen ähnlich wie ISDN hohe Datenraten zu. Die Endgeräte der CMA-Hersteller an der Anschlußseite sind jedoch nicht für Nachrichtenübertragung vorgesehen.

#### 4.3 Kosten auf der Teilnehmerseite

AWAG/AWUG	DM 27.-/Monat	(für getrennen Hauptanschluß)
TEMEX	DM 3.-/Monat	(TSS11, TSS12) mindestens jedoch DM 6.-
	DM 15.-/Monat	(TSS13)
ISDN	DM 74.-/Monat	(Grundgebühr für Basisanschluß 2 Kanäle)
	DM .23/Zeiteinheit	(Gebühreneinheit)
gemieteter Stromweg	DM 60.-	pro Monat [5]

Bei AWAG und AWUG müssen neben den Gebühren für den getrennten Hauptanschluß die Gerätekosten mit umgelegt werden. Bei den Kosten für ein AWUG sind diese in der Kostenbetrachtung nicht zu vernachlässigen aber stark abhängig vom Hersteller und vom Komfort des gewählten Gerätes.

Die Mietgebühr eines TEMEX-Anschlusses ist gering, die Nachrichtenbreite ist jedoch auf die eigentliche Meldung und höchstens geringer Zusatzinformation beschränkt.

ISDN bietet zu den Kosten eines Basisanschlusses und einer zeitlichen Tarifierung eine für Gefahrenmeldungen als hoch anzusehende Datenrate an. Alle wesentlichen Zusatzinformationen können in ausreichend kurzer Zeit bei der Feuerwehr vorliegen. Die rechtzeitige zur Verfügungstellung solcher Zusatzinformationen kann an anderer Stelle erhebliche Zeiteinsparungen bewirken und damit Schadenskosten senken helfen.

Die Gebühren gemieteter Stromwege sind, bedingt durch die permanente Leitungsbelegung, hoch. Hinzu kommen die Kosten von Endgeräten durch die Hersteller der GMA zur Überwachung der Verbindungsstrecke. Es ist geplant unter ISDN Hfd-Leitungswege zur Verfügung zu stellen mit deutlich niedrigeren Kosten als heute.

## 5 Kombination unterschiedlicher Verbindungswege

Durch die Kombination von TEMEX und ISDN lassen sich die unbedingte Verfügbarkeit der Übertragungsstrecke für eine Brandmeldung und der Wunsch nach der Übertragung von Mehrinformationen erfüllen. Hierbei könnte TEMEX die Sicherheit für die Weiterleitung der Brandmeldung übernehmen, ISDN würde parallel dazu mit nicht garantierter Übertragungszuverlässigkeit alle Zusatzinformationen liefern. Benutzt der Betreiber hierfür seine sowieso vorhandene ISDN-Anlage, so wäre dies nicht mit Mehrkosten verbunden. Entsprechende Ausrüstung seiner Nebenstellenanlage (PABX) könnte über den D-Kanal eine prioritätsgesteuerte Vermittlung bei belegtem Hauptanschluß durchführen.

## 6 Empfangsstation

Bei den diskutierten Übertragungswegen müssen bei der Feuerwehrleitstelle entsprechende Empfangsgeräte zur Verfügung stehen. Bei AWUGs gibt es heute am Markt verschiedene von Hersteller zu Hersteller abweichende Übertragungsprotokolle und Techniken. Bei einer Zulassung von AWUGs als Übertragungsmittel müsste sich die Feuerwehr auf die Vielzahl der Verfahren durch entsprechende Endgeräte einstellen oder sich für ein Verfahren entscheiden und damit dem Betreiber einer BMA ein Protokoll vorgeben.

Bei TEMEX benötigt die Feuerwehr eine entsprechende Schnittstelle, die die Fernwirkleitstelle und die dazugehörige Hauptmelderzentrale mit dem Netz verbindet.

Bei ISDN muß ein entsprechender Rechner mit dem ISDN-Netz verbunden sein.



## 7 Vereinheitlichung

Solange sich eine Brandmeldung auf eine 1 Bit Übertragung über Temex oder HfD Leitung beschränkt brauchen nur die Festlegungen der DBP oder die internen Normen des Herstellers der Konzessionsanlage beachtet werden. Geht man dazu über, Datenübertragung über das ISDN-Netz zuzulassen, so kommen die Übertragenen Daten aus einer Datenschnittstelle und müssen in einen Rechner einmünden, der diese Daten in richtiger Form zu interpretieren weiß. Solche Daten können, wie eingangs erläutert, Texte mit Hinweisen auf Raumnummern, Stockwerke und zusätzliche Gefährdungsmomente sein, es können aber auch Grafiken mit Anfahrtswegen und Lageplänen sein. Für den reibungslosen organisatorischen Ablauf nach einer Brandmeldung muß der Feuerwehrmann wichtige Informationen immer an der gleichen Stelle auf seinem Papier oder dem Bildschirm wiederfinden. Es sind also zwischen Hersteller von BMA und Feuerwehren zwei generelle Absprachen zu treffen:

- 1) wie ist der Aufbau eines Papiers mit Zusatzinformationen zu gestalten. Welche Informationen sollen in diesem Papier an welcher Stelle stehen. Wie hat die Gestaltung von Lageplänen und Anfahrtswegen zu erfolgen (Maßstab, Legende usw.)
- 2) Welches Datenprotokoll wird für die Datenübertragung verwendet. Das Protokoll muß Start- und Endemarkierungen aufweisen. Wie werden Texte von Grafiken unterschieden?

Nur wenn an dieser Stelle eindeutige Festlegungen getroffen werden, besteht eine Chance zur kostengünstigen Nutzung neuer Dienste der DBP.

## 8 Zusammenfassung

Mit TEMEX bietet die Post die Möglichkeit, kurze aber zeitkritische Nachrichten zuverlässig auf Ausfall überwachten Wegen weiterzuleiten. Mit ISDN steht ein Dienste zur Verfügung stellendes Netz im Aufbau, das neben der reinen Sprachübermittlung Datenverkehr über Vermittlungsanlagen zuläßt. Verkopplung von Daten verarbeitenden Anlagen im Sinne von File Transfer sind damit einfach möglich. GMA besitzen vielfach eigene Schnittstellen zu Rechnern, die damit zusätzliche Leistungsmerkmale außerhalb der durch Normen festgeschriebenen Vorschriften ermöglichen, wie z.B. den Aufruf von zu Gefahrenmeldung zugehörigen Datenbankfiles. Über die so geschaffene Verbindung von GMA zu Rechner und den Übertragungswegen eines Telefonnetzes zu anderen Rechnern kann der Informationsgehalt von Meldungen beträchtlich erhöht werden. Für die Ausnutzung solch zukünftiger Möglichkeiten bedarf es jedoch einheitlicher Handhabung der Schnittstellen. Dies muß im wesentlichen zwischen Feuerwehren und Herstellern von BMA erfolgen. Dann ist in Zukunft mit einem weiteren kleinen Schritt in der effektiveren Bekämpfung von Brandkatastrophen zu rechnen.

Quellen

- [1]: Martin, E.  
Kommunikation mit ISDN  
Markt&Technik 1988
- [2]: TEMEX Dienstleistungs- und Systembeschreibung  
Bundesminister für das Post- und Fernmeldewesen, Bonn 04/88
- [3]: Fuhrmann, H.  
Noch nicht perfekt. Nutzung der ISDN- und Temex-Netze zur  
Übertragung von Gefahrenmeldungen  
Telematik Magazin 2/1988
- [4]: IC-Wissen 10/88
- [5]: Telekommunikationsordnung-TKO Teil 5  
Bundesministerium für Post und Fernmeldewesen  
Bonn 1987

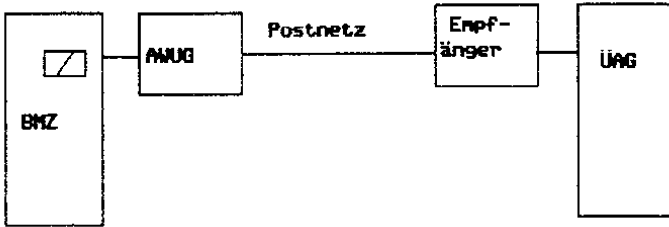


Bild 1: Übertragung über AWUG und Wählnetz

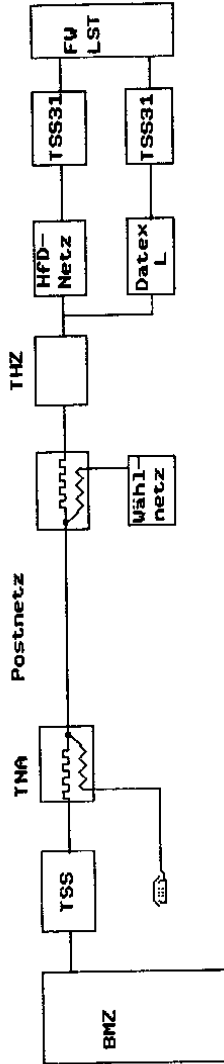


Bild 2: Übertragung über das TEMEX-Netz

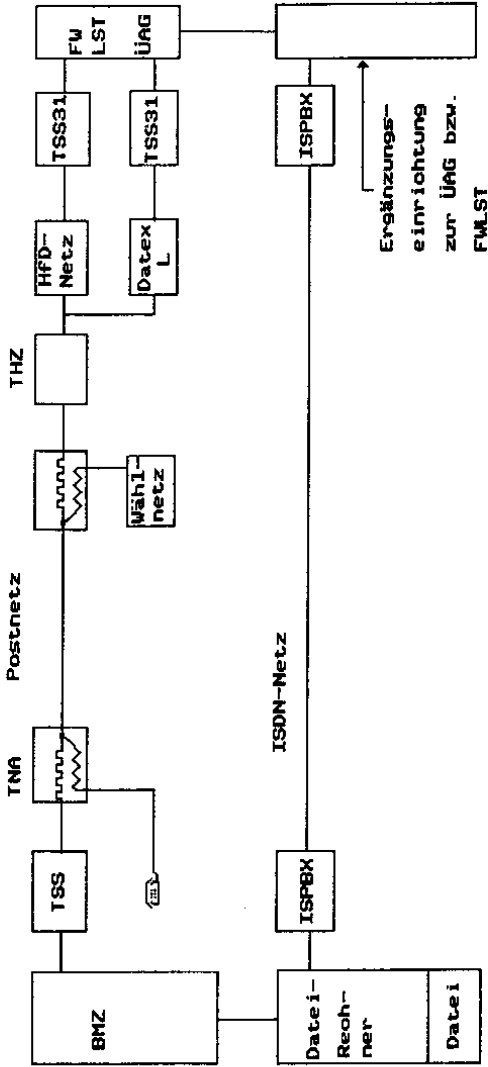


Bild 3: Übertragung über 2 verschiedene Netze

Hans Schüngel

Verband der Sachversicherer e.V. (VdS), Köln, Deutschland

### TEMEX

#### Ein sicheres Übertragungsverfahren für Gefahrenmeldungen?

Die Art und die Zuverlässigkeit der Alarmierung bei Gefahrenmeldeanlagen steht heute vielfach in einem Mißverhältnis zum Risiko, aber auch zur gesamten Ausführung vieler Anlagen.

Die direkte Verbindung über ständig überwachte Datendirektverbindungen - sogenannte Standleitungen - zur Leitstelle der Feuerwehr oder einem Wach- und Sicherheitsunternehmen ist bislang die sicherste Methode, einen Alarm abzusetzen. Leider hat dieses Übertragungsverfahren jedoch einen großen Nachteil - es ist sehr teuer und scheidet daher aus wirtschaftlichen Erwägungen meistens aus. Die von den Sachversicherern vorgesehene Alternative der akustischen und optischen Alarmgabe bei Brandmeldeanlagen ist oft nicht sinnvoll oder sogar unwirksam. Das ist z. B. dann der Fall, wenn ein zu überwachendes Risiko im nicht bewohnten Industriegebiet liegt und der Alarm zu spät oder gar nicht wahrgenommen wird. Auch das sehr kostengünstige Übertragungsverfahren mittels Telefonwählgerät (TWG), welches im Alarmfall ein oder mehrere Fernsprechteilnehmer automatisch anwählt, hat den Nachteil einer geringen Übertragungssicherheit, da bekanntlich die Leitungswege nicht überwacht sind und bei Überlastung des Fernsprechnetzes eine Übermittlung von Meldungen fraglich ist.

Um so mehr ist das Vorhaben der Deutschen Bundespost zu begrüßen, flächendeckend einen Datenübertragungsdienst einzurichten, mit dem auch Meldungen aus Brand- und Einbruchmeldeanlagen sicher übertragen werden können. Mit TEMEX, einem Kunstwort für TeleMetry EXchange, können zudem, wesentlich preisgünstiger als bisher, Fernwirkverbindungen im Fernsprechnetzaufgebaut werden, da das vorhandene Telefonnetz zur Übertragung der Signale genutzt wird. Wesentlich hierbei ist, daß es sich bei der Doppelbenutzung des

vorhandenen Telefonanschlusses um eine "Quasi-Standverbindung" handelt, die in regelmäßigen Zeitabständen auf eventuelle Störungen überwacht wird.

Ob TEMEX auch als sicheres Übertragungsverfahren für Brandmeldeanlagen eingestuft werden kann, hängt letztlich davon ab, ob die speziellen Belange der Brandmeldetechnik berücksichtigt werden.

Dafür müßte TEMEX folgenden Leistungsmerkmalen entsprechen:

1. Das TEMEX-Netz muß eine hohe Verfügbarkeit durch redundanten Betrieb der wichtigsten Verarbeitungsebenen und Übertragungswege aufweisen.
2. Störungen im TEMEX-Netz müssen auch nachts, an Wochenenden und Feiertagen unverzüglich behoben werden.
3. Gefahrenmeldungen ist absolute Priorität einzuräumen. Eine Störung in der Übertragungskette muß an der Leitstelle erkannt werden.
4. Der TEMEX-Dienst darf von der Fernsprechapparateseite nicht beeinflußt werden können, z.B. bei Defekt oder Austausch von Fernsprechgeräten.
5. Es muß ein separater TEMEX-Netzabschluß (TNA), der nur mit Ein- und Ausgängen der Brandmeldeanlage verbunden ist, verfügbar sein. Vorzugsweise sollte der TNA als Modul in die Brandmelderzentrale eingebaut werden können.

Die Deutsche Bundespost hat in vielen Gesprächen versichert, daß die v.g. Leistungsmerkmale mit der flächendeckenden Einführung des TEMEX-Dienstes berücksichtigt werden. Die Forderung nach einem redundanten Betrieb der wichtigsten Verarbeitungsebenen und Übertragungswege soll zwar zunächst nicht in allen Punkten berücksichtigt werden, man hat jedoch zugesagt, alle TEMEX-Zentralen und TEMEX-Hauptzentralen mit doppelten Speichern und Plattenlaufwerken zu versehen. Ein Back-Up-Konzept sieht ferner vor, daß die Bauteile einer kompletten TEMEX-Zentrale und TEMEX-Hauptzentrale an den jeweiligen Einsatzorten verfügbar sind. In einem zweiten Schritt ist



eine zusätzliche Verbesserung der Verfügbarkeit durch eine automatische Umschaltung der TEMEX-Hauptzentrale auf eine Back-Up-Technik im Störfall geplant. Diese Technik soll jedoch erst Mitte 1990 zum Einsatz kommen und zeitlich bedarfsorientiert in die TEMEX-Hauptzentralen implementiert werden.

Mit der von der Deutschen Bundespost vorgeschlagenen Kompromißlösung können sich die Sachversicherer einverstanden erklären. Hierbei ist insbesondere zu berücksichtigen, daß durch die vorgesehene Back-Up-Technik bei Ausfall einer TEMEX-Hauptzentrale nicht alle Gefahrenmeldeanlagen eines Versorgungsbereiches funktionsuntüchtig werden. Das verbleibende Restrisiko des zeitlich begrenzten Ausfalls der relativ geringen Anzahl von Brandmeldeanlagen, die einer TEMEX-Zentrale zugeordnet sind, kann nach Auffassung der Sachversicherer in Kauf genommen werden.

Völlig anders stellt sich die Situation auf der Leitstellenseite dar. So kann nicht akzeptiert werden, daß bei Ausfall der einer Leitstelle zugeordneten TEMEX-Zentrale keine Gefahrenmeldungen mehr entgegengenommen werden können.

Die Richtlinien des VdS für TEMEX-Empfangszentralen, die derzeit den Interessenverbänden der Industrie zur Stellungnahme vorliegen, sehen daher eine redundante Anschaltung der TEMEX-Leitstelle vor. So muß bei Störung einer TEMEX-Zentrale automatisch eine Datex-P-Verbindung zwischen der Leitstelle und der TEMEX-Hauptzentrale aufgebaut werden (siehe Darstellung 1).

Setzt man voraus, daß die von den Sachversicherern als unverzichtbar aufgestellten Leistungsmerkmale berücksichtigt werden, kann der neue TEMEX-Dienst der Deutschen Bundespost nicht nur einem Vergleich mit den technischen Leistungsmerkmalen von Übertragungsanlagen für Gefahrenmeldungen standhalten (siehe Darstellung 2), er bietet darüber hinaus gegenüber bisherigen bei Brandmeldeanlagen verwendeten Übertragungstechniken ganz entscheidende Vorteile zu wirtschaftlichen Bedingungen.

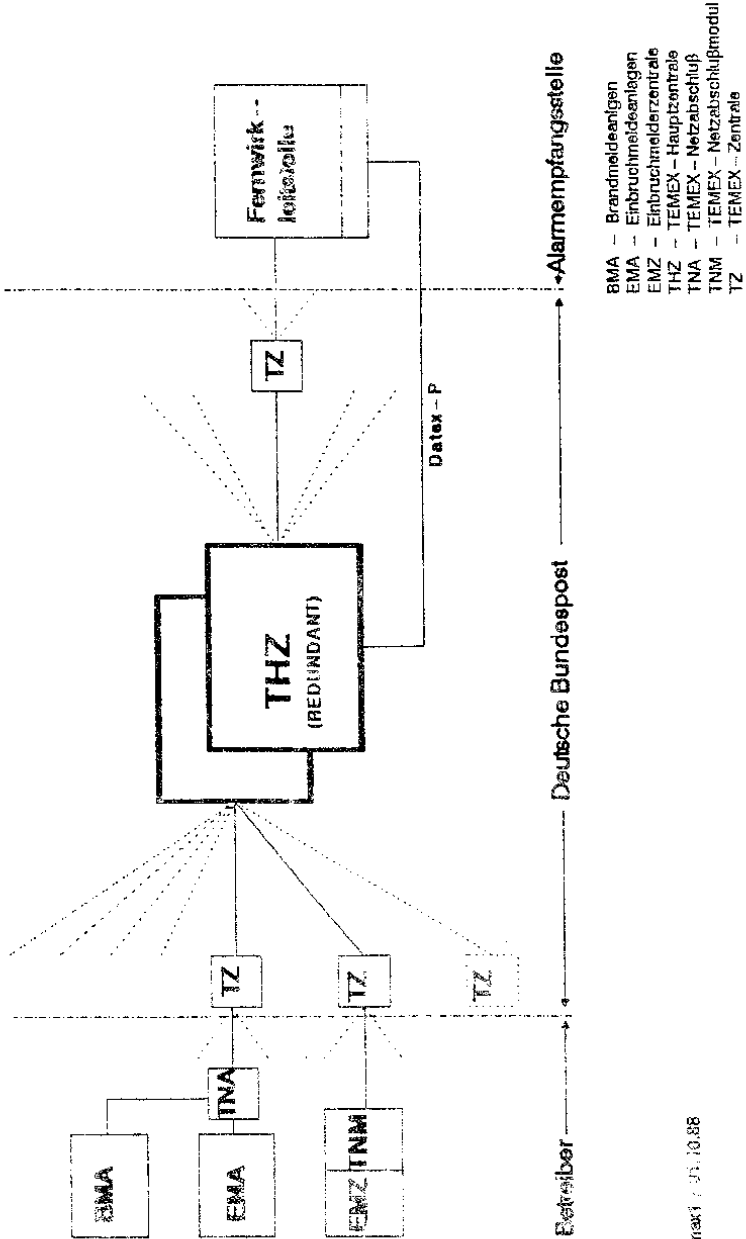
Im wesentlichen sind dies:

1. Ständige Überwachung der Leitungswege durch zyklische Abfrage von Daten.

2. Möglichkeit des Fernwirkens (Melden, Messen, Steuern im Zweirichtungsbetrieb).  
Hierdurch ergeben sich insbesondere bei der Überwachung und Ansteuerung von Feuerwehrschlüsselkästen (FSK) neue Perspektiven: War bisher eine Entnahme der Gebäudeschlüssel nur bei Auslösung einer Brandmeldung möglich, kann zukünftig der Feuerwehrschlüsselkasten von der Leitstelle der Feuerwehr entriegelt werden.
  
3. Je nach Schnittstelle können nicht nur Alarmmeldungen (1-Bit-Informationen) sondern vielmehr auch größere Datenmengen zu unterschiedlichen Leitstellen übertragen werden.  
Dies ermöglicht bei Brandmeldeanlagen eine schnellere Brandbekämpfung durch Übertragung des Melderorts. Ferner können Störungsmeldungen an eine ständig besetzte Stelle abgesetzt und damit die notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen eingeleitet werden.
  
4. Anschaltung einer Ersatzleitstelle, z.B. bei Störung einer Leitstelle.

Darstellung 1

# Übertragung von Gefahrenmeldungen über TEMEX



Entwurf : 01.10.88

# Management der Informations- und Kommunikationstechnik (ICT) bei SAP und TMS

Die SAP- und TMS-Systeme sind als zentrale Datenbanken für die Produktion und den Vertrieb konzipiert. Die SAP-Systeme sind in der Regel in einem zentralen Rechenzentrum installiert, während die TMS-Systeme in den einzelnen Werken installiert sind. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über eine zentrale Datenbank.

Die SAP-Systeme sind in der Regel in einem zentralen Rechenzentrum installiert, während die TMS-Systeme in den einzelnen Werken installiert sind. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über eine zentrale Datenbank. Die SAP-Systeme sind in der Regel in einem zentralen Rechenzentrum installiert, während die TMS-Systeme in den einzelnen Werken installiert sind. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über eine zentrale Datenbank.

Die SAP-Systeme sind in der Regel in einem zentralen Rechenzentrum installiert, während die TMS-Systeme in den einzelnen Werken installiert sind. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über eine zentrale Datenbank. Die SAP-Systeme sind in der Regel in einem zentralen Rechenzentrum installiert, während die TMS-Systeme in den einzelnen Werken installiert sind. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über eine zentrale Datenbank.

Die SAP-Systeme sind in der Regel in einem zentralen Rechenzentrum installiert, während die TMS-Systeme in den einzelnen Werken installiert sind. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über eine zentrale Datenbank. Die SAP-Systeme sind in der Regel in einem zentralen Rechenzentrum installiert, während die TMS-Systeme in den einzelnen Werken installiert sind. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über eine zentrale Datenbank.

Die SAP-Systeme sind in der Regel in einem zentralen Rechenzentrum installiert, während die TMS-Systeme in den einzelnen Werken installiert sind. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über eine zentrale Datenbank. Die SAP-Systeme sind in der Regel in einem zentralen Rechenzentrum installiert, während die TMS-Systeme in den einzelnen Werken installiert sind. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über eine zentrale Datenbank.

Die SAP-Systeme sind in der Regel in einem zentralen Rechenzentrum installiert, während die TMS-Systeme in den einzelnen Werken installiert sind. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über eine zentrale Datenbank. Die SAP-Systeme sind in der Regel in einem zentralen Rechenzentrum installiert, während die TMS-Systeme in den einzelnen Werken installiert sind. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über eine zentrale Datenbank.

Die SAP-Systeme sind in der Regel in einem zentralen Rechenzentrum installiert, während die TMS-Systeme in den einzelnen Werken installiert sind. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über eine zentrale Datenbank. Die SAP-Systeme sind in der Regel in einem zentralen Rechenzentrum installiert, während die TMS-Systeme in den einzelnen Werken installiert sind. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über eine zentrale Datenbank.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10

11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20

21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30

Herbert Kirchner  
VATIV Gesellschaft für Daten- und Automatisierungstechnik mbH,  
Fed. Rep. of Germany

TEMEX - eine wirtschaftliche Lösung auch für die Übertragung von  
Brandmeldungen.

Abstract:

TEMEX (Telemetry Exchange) ist ein neuer Datenübermittlungsdienst der Deutschen Bundespost, mit dem Daten über das bestehende Telefonnetz übertragen werden. Die Verbindung ist hierbei durch eine logisch feste Verbindung als eine Quasi-Standleitung aufgebaut. Die TEMEX-Technik ermöglicht die Fernwirkkopplung räumlich voneinander entfernter Objekte zu einer zentralen Stelle, unter Ausnutzung der vorhandenen Infrastruktur des öffentlichen Fernsprechnetzes. Mit Hilfe dieser Technik lassen sich Schaltzustände oder Meßwerte schnell, sicher und preiswert übertragen. Die Übertragungsgebühren des TEMEX-Dienstes sind weitestgehend entfernungsunabhängig.

Ein besonders interessantes Anwendungsgebiet für diesen Datendienst ist somit die Übertragung von Alarmen und selektiven Informationen aus Gefahrenmeldeanlagen.

Einleitung:

Die Deutsche Bundespost stellt mit TEMEX einen neuen Datenübermittlungsdienst für das Übertragen von Fernwirkdaten zur Verfügung. Unter Ausnutzung der vorhandenen Infrastruktur des Fernsprechnetzes wird damit ein flächendeckendes öffentliches Fernwirknetz zur Verfügung gestellt. Die Fernwirkdaten werden oberhalb des Sprachbandes auf der Telefonanschlußleitung übertragen. Eine spezielle Übertragungs- und Filtertechnik erlaubt die zeitgleiche Übertragung von Daten und Sprache auf der Fernmeldeleitung.

Die Netzstruktur, seine technischen Eigenschaften und die günstigen Gebühren lassen den TEMEX-Dienst für viele Fernwirkaufgaben interessant erscheinen. Die Grenzen für den sinnvollen Einsatz des TEMEX-Dienstes sind jedoch durch seine Netto-Datenrate von max. 64 Byte je Telegramm begrenzt.

Dieser Bericht beschreibt kurz den Aufbau und die Funktion der Übertragungstechnik, führt die wesentlichen Randbedingungen und Voraussetzungen für den Einsatz in der Gefahrenmeldetechnik auf und beschreibt den Aufbau eines TEMEX-Anwendernetzes anhand eines Beispiels.

### Aufbau und Funktion /1/:

Der TEMEX-Dienst bietet ein kostengünstiges Übermitteln von Fernwirkinformationen durch Nutzung vorhandener Leitungskapazitäten im öffentlichen Telefonnetz. Die Telefonanschlüsse werden bis zur Fernsprechortsvermittlungsstelle für die Übertragung von Sprache und Daten genutzt.

Die Sprachübertragung belegt ein Frequenzband von 300 bis 4000 Hz. Für den TEMEX-Dienst wurde ein zusätzlicher Übertragungskanal mit dem Frequenzbereich von 34 bis 46 KHz auf der Telefonanschlußleitung geschaffen. Die Datenübertragung per TEMEX kann selbst dann stattfinden, wenn zeitgleich auf der Leitung eine Sprachübertragung stattfindet.

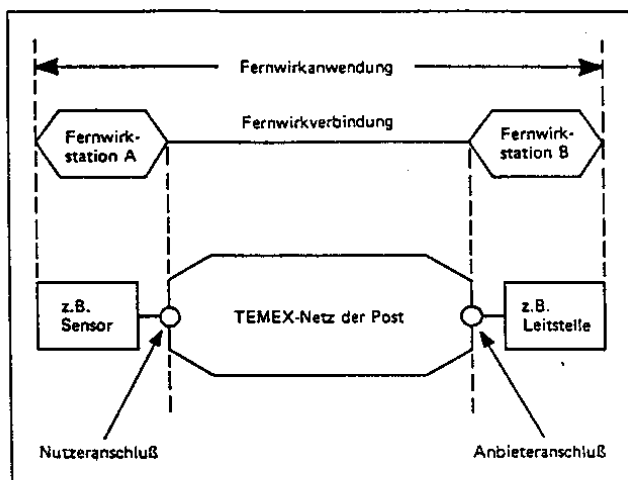


Bild 1

Fernwirkverbindung TEMEX

Ein TEMEX-Netz besteht im Wesentlichen aus zwei Bausteinen, der TEMEX-Netzabschlußeinrichtung (TNAE) am TEMEX-Nutzeranschluß und der TEMEX-Zentrale (TZ) oder TEMEX-Hauptzentrale (THZ) in der Fernsprechortsvermittlungsstelle. Die TNAE realisieren die TEMEX-Nutzeranschlüsse am Ort der privaten Fernwirkstationen A (Bild 1), d.h. sie stellen dort den Abschluß des TEMEX-Netzes und damit den Übergabepunkt dar.

Über die vorstehend angesprochene Fernsprechanleitung sind diese TNAE dann mit einer am Ort der Fernsprechortsvermittlungsgastelle installierten TEMEX-Zentrale (TZ) verbunden.

TEMEX-Fernwirkleitstellen werden über TEMEX-Anbieteranschlüsse an die TZ/THZ herangeführt. Die Anbieteranschlüsse B (Bild 1) bestehen dabei aus den eigentlichen Anschlußpunkten an der TZ/THZ und der Heranführung durch Verbindungswege der bekannten Datendienste der Post.

Die an eine TZ/THZ angeschlossenen TEMEX-Nutzeranschlüsse werden von der TZ/THZ zyklisch abgefragt. Dieses Master/Slave Prinzip bei der Abfrage der Teilnehmer garantiert fest definierte Durchlaufzeiten für die Daten.

Die Anschaltung der TEMEX-Anbieter an das Netz sind logisch feste Verbindungen.

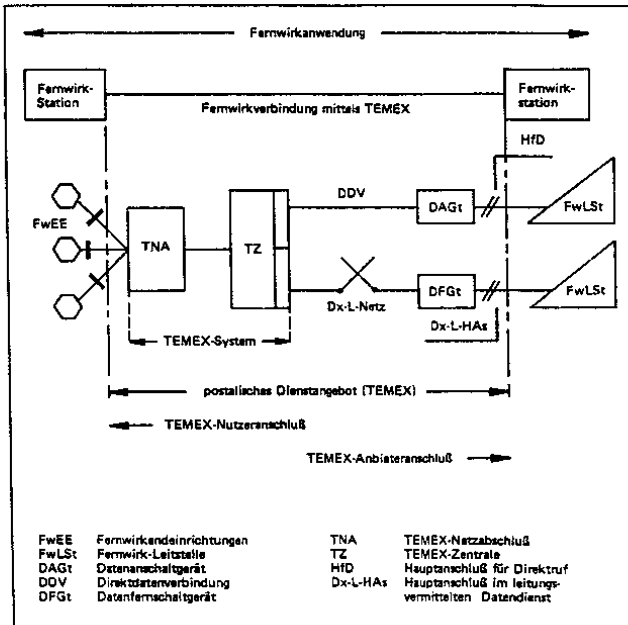


Bild 2 Grundstruktur der Fernwirkverbindung über TEMEX

Das Bild 2 stellt diese Grundstrukturen des TEMEX Netzes dar.

Die Dienstintegration auf der Telefonanschlußleitung wird durch eine spezielle Filtertechnik ermöglicht.

Die Übertragungstechnik zwischen TNAE und TEMEX-Übertragungsbaugruppe (TÜB) erfolgt als Overvoice-Band im 40 KHZ-Bereich mit Schmalband-FSK (Bild 3).

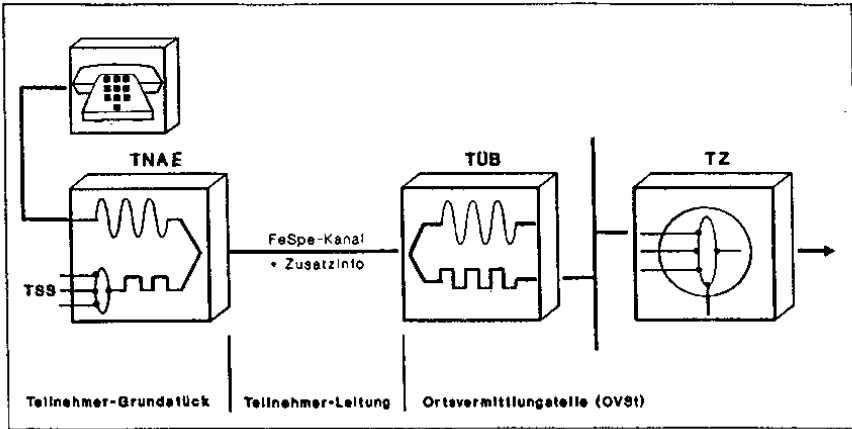


Bild 3 TEMEX-Übertragungsbaugruppen

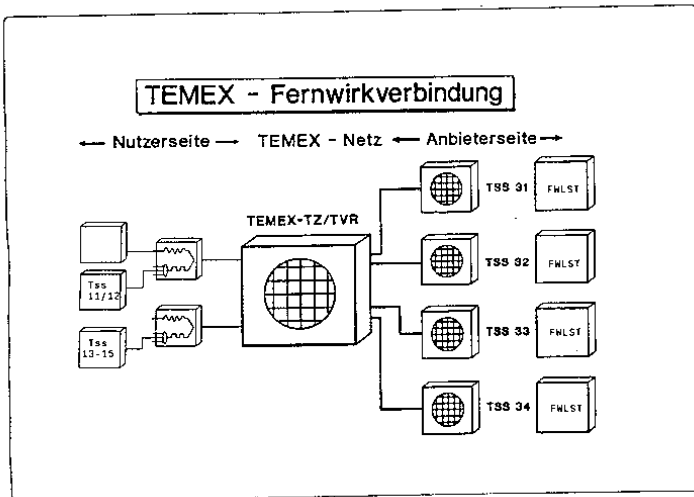


Bild 4 TEMEX-Schnittstellen



Eine Zusammenstellung der TEMEX-Fernwirkverbindungen und der monatlichen TEMEX-Gebühren ist in Bild 4 und 5 dargestellt.

Der TEMEX-Dienst erlaubt die Anschaltung von Fernwirkleitstelle über verschiedene Schnittstellen:

Tss 31 : Anschaltung über Hauptanschluß für Direktruf (HfD)

Tss 32 : Anschaltung über Fernsprechnet

Tss 33 : Anschaltung über DATEX-L-Netz

Tss 34 : Anschaltung über DATEX-P-Netz

Ausführung	TSS	Telegrammlänge					Funktion <sup>1)</sup>	monatl. Gebühr in DM	
		zeitkritisch		zeitunkritisch				bei einem Anschluß	bei 2 und mehr Anschl.
		1 Bit	8 Bit	16 Bit	16 Byte	64 Byte			
Anzahl der Telegramme/Monat									
A1 A2 A3	11	200 400 600					M	6,- 6,- 7,-	3,- 5,- 7,-
B1 B2 B3	12	200 400 600					B	6,- 6,- 7,-	3,- 5,- 7,-
C1 C2 C3	11 12	je 200 je 400 je 600					M+B	6,- 7,50 10,50	4,50 7,50 10,50
D11 D12 D21 D22 D23	13		2000 4000		1000 2000 4000		M+B	15,- 25,- 15,- 25,- 40,-	15,- 25,- 15,- 25,- 40,-
E1 <sup>2)</sup> E2	14				240/Jahr	S	M+B	6,- 7,-	5,- 7,-
F1 F2	15a		200 400			40 200	M+B	15,- 25,-	15,- 25,-
G1 G2 G3	15b			1000 2000 4000	200 400 800		M+B	25,- 40,- 55,-	25,- 40,- 55,-
1) M = Meldefunktion B = Befehlsfunktion 2) für Typ E1 muß die Sammelauforderung Typ 2 bereitgestellt sein									

Bild 5 TEMEX-Gebührentabelle

Eine Anbindung der Zentrale an das TEMEX-Netz erfolgte über die Tss 31 Schnittstelle. Diese Ankopplung läßt sich durch Verdoppeln der Empfangseinheit TEMEX sehr einfach redundant aufbauen. Weiter bietet Sie einer Feuerwehr die Möglichkeit, Zustände einzelner Brandmeldelinien zu empfangen. Sind Feuerwehrschießelkästen (FSK) eingesetzt, so ermöglicht die Anlage ein Entriegeln über TEMEX. Bild 6 stellt den Aufbau des Anwendernetzes während des Betriebsversuches dar.

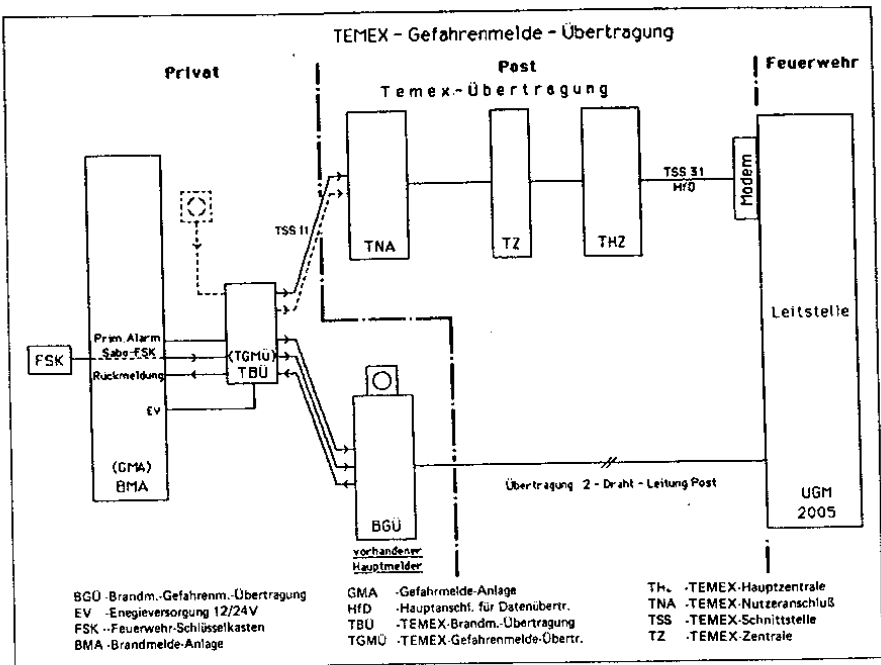


Bild 6 Parallelbetrieb während des Betriebsversuches

**Randbedingungen und Voraussetzungen :**

Für Gefahrenmeldeanlagen wird die DIN 57833/VDE 0833 als anerkannte Regel der Technik zugrunde gelegt.

Gefahrenmeldeanlagen für Brand müssen grundsätzlich entsprechend der DIN 57833 Teil 1+2 8/88 errichtet und betrieben werden. Ferner müssen Sie den Richtlinien des Verbandes der Sachversicherer entsprechen und von der Deutschen Bundespost für den Betrieb an öffentlichen Datennetzen zugelassen sein.

Die DIN 57833 definiert den Übertragungsweg für Brandmeldeanlagen als eine Primärleitung, die auf Unterbrechung und Kurzschluß überwacht wird. Abweichungen vom Sollzustand (Alarm, Störung, etc.) sind innerhalb 10 Sekunden anzuzeigen.

Nach Definition der Leistungsmerkmale des TEMEX-Dienstes liegt diese Zeit bei kleiner 7 Sekunden. Die vorgenannten Forderungen der Normen können somit in jeder Beziehung eingehalten werden.

Ein Vergleich des TEMEX-Dienst mit den herkömmlichen Techniken (Standleitungen, Wählergeräte) stellt folgende Unterschiede heraus:

**Standleitungen:**

- sehr hohe Übertragungssicherheit.
- sehr kurze Übertragungszeiten.
- hohe entfernungsabhängige Gebühren
- hohe Sicherheit

**Wahlergerate:**

- geringe Gebühren
- flächendeckendes Netz
- hohe Übertragungszeiten
- schlechte Übertragungssicherheit
- geringe Sicherheit

**TEMEX:**

- geringe entfernungsunabhangige Gebühren
- flächendeckendes Netz
- hohe Sicherheit bei Sabotageversuchen
- geringe Übertragungszeiten (< 7 Sec.)

Der TEMEX-Dienst integriert somit die Vorteile einer Standleitung (schnelle- und sichere Datenübertragung) in den Vorteil der kostengünstiger Betriebskosten eines Wählgerätes.

Die wesentlichen Eigenschaften des TEMEX-Dienstes sind nachfolgend zusammengefaßt:

- \* Nutzung einer vorhandenen Infrastruktur
- \* Übertragung der Daten oberhalb des Sprachbandes
- \* Master/Slave Prinzip mit zyklischer Abfrage  
logische feste Verbindung
- \* geschlossener Benutzerkreis
- \* günstige Gebührenstruktur
- \* hohe Verfügbarkeit
- \* hohe Sicherheit

Aufbau eines TEMEX-Anwendernetzes für Brandmeldeanlagen:

Brandmeldeanlagen dienen dem Schutz von Menschen und Sachwerten. Sie müssen grundsätzlich die unter Punkt "Randbedingungen und Voraussetzungen" beschriebenen Vorschriften erfüllen.

Im Rahmen des TEMEX-Betriebsversuches der Deutschen Bundespost sollte von der Stadt Osnabrück ein TEMEX-Anwendernetz für Brandmeldeanlagen mit einer Brandmeldezentrale in der Berufsfeuerwehr aufgebaut werden.

Für den sicheren Empfang von Alarmen aus Brandmeldeanlagen mußte diese Zentrale neben den Empfangseinheiten für Standleitungen auch mit einem Empfangsteil für TEMEX ausgerüstet sein. Die Anlage sollte eine parallele Alarmübermittlung über das TEMEX-Netz und das Leitungsnetz ermöglichen.

Ziel war jedoch die herkömmlichen Standleitungen als Übertragungsmedium durch den TEMEX-Dienst vollständig zu ersetzen. Gleichzeitig sollten der Feuerwehr Zusatzfunktionen zur Verfügung zu gestellt werden, die mit herkömmlicher Technik nicht kostengünstig realisiert werden konnten.

Die Zentrale:

Zum Einsatz kam die universelle Gefahrenmeldezentrale der Firma TELENORMA. Diese Zentrale erfüllte alle geforderten Vorschriften und Leistungsmerkmale. Die modulare Aufbauweise der Zentrale ermöglichte den problemlosen Parallelbetrieb von TEMEX- und Linientechnik.

### Die Anschaltung der Brandmeldeanlage:

Die Alarmübertragung aus den Brandmeldeanlagen (BMA) erfolgte während des Betriebsversuches parallel über Standleitungen und TEMEX.

Ähnlich wie bei der Linientechnik werden die Alarmkontakte der Brandmeldeanlagen bei TEMEX über einen Hauptmelder mit den TEMEX-Netzanschalteinrichtungen (TNAE) verbunden.

Diese Anschaltvorrichtungen haben neben der Ankopplung noch weitere Funktionen zu erfüllen:

- Leitungsüberwachung zwischen TNAE und Brandmeldeanlage.
- Auslösen von Probealarmen.
- Anschaltung einzelner Brandmeldelinien.
- Ausführung von Schaltfunktionen (z.B. Feuerwehrschrlüsselkasten)

Bei Alarmmeldungen von Brandmeldeanlagen handelt es sich um 1-Bit Informationen. Die Anschaltung erfolgt bei TEMEX somit über die 1-Bit Tss 11 Schnittstelle. Realisiert wurde diese in Osnabrück über einen TEMEX-Hauptmelder der Firma TELENORMA.

Bild 7 zeigt den Aufbau der Anschaltung.

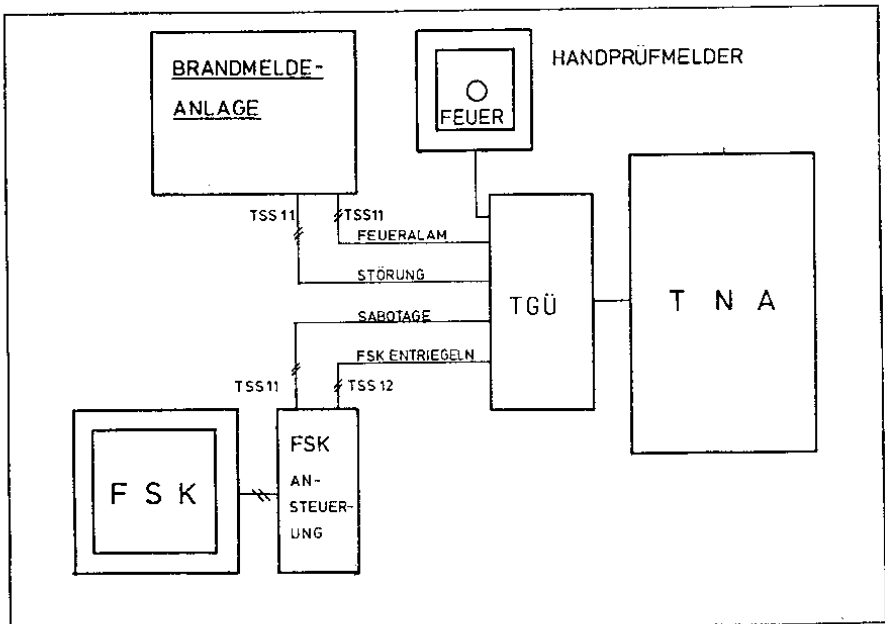


Bild 7 Anschaltung der BMA an das TEMEX-Netz

**Literatur- und Quellennachweis:**

- /1/"Staus, Einführung und Leistungsangebot des TEMEX-Dienstes"  
Dipl.-Ing. G Schmidt, Bundespostministerium  
TEMEX-Workshop Osnabrück
- DIN 57833,  
Beuth-Verlag,Berlin
- Erfahrungsbericht "TEMEX-Betriebsversuch in Osnabrück"  
Hochbauamt

**Bilder:**

1,2,6 Tagungsband TEMEX-Workshop Osnabrück

- 6 net Speziel 3,Seite 68,  
R.v.Decker's Verlag

H. Dietrich Beenken  
Colonia Versicherung AG, Köln  
Bundesrepublik Deutschland

Probleme kombinierter Systeme aus der Sicht  
der Feuerversicherer

1. Ausgangspunkt

In der klassischen Nachrichtentechnik entwickelten sich getrennt voneinander und mit jeweils eigenen Systemen

- die Brand-Meldetechnik
- die Einbruch- und Überfall-Meldetechnik (kurz: Einbruch-Meldetechnik)
- eine Vielzahl anderer Signal- und Nachrichten-Übermittlungstechniken sowie Fernwirktechniken

Der Brand- und Einbruch-Meldetechnik gemeinsam waren, daß sie Signale über Gefahrenzustände an die jeweils hilfeleistende Stelle übermitteln sollten. Daraus ergaben sich gegenüber der sonstigen Nachrichtentechnik ganz besondere Anforderungen:

- jahre- oder jahrzehntelang nur im Bereitschaftszustand ohne Signalübermittlung
- im Gefahrfall zuverlässig funktionstüchtig
- Energieversorgung mit einer Verfügbarkeit von fast 100 %: weitaus höher, als das öffentliche Netz sie gewährleisten kann

- - hinreichend schnelle Entdeckung der für den Gefahrfall ausgewählten Kenngröße
- - unterbrechungsfreie Übermittlung des Gefahrensignals an eine Zentrale mit eindeutiger Anzeige der eingetretenen Gefahr und des Gefahrenortes
- - unterbrechungsfreie Alarmweitergabe an eine hilfeleistende Stelle
- - alle Entdeckungs- und Übermittlungsfunktionen mit großer Zuverlässigkeit
  
- unverzügliche Anzeige jeder Störung dieser Funktionen
- weitgehende Vermeidung von Falschalarmen

Dazu kamen noch besondere Anforderungen für jede dieser Gefahrenmeldetechniken:

- Jeder Falschalarm, den die Brandmeldeanlage weitergibt, führt zu einem unnötigen Einsatz der Feuerwehr und kann auf die Dauer das Gegenteil des Anlagenzwecks herbeiführen, nämlich eine Verzögerung des Eingreifens. Falschalarme müssen daher unterdrückt werden.
  
- Falschalarme einer Einbruchmeldeanlage können von einem Täter bewußt herbeigeführt werden; sie müssen daher immer als "Alarm" an die Überwachungsstelle weitergemeldet werden.



- Für Brandmeldeanlagen verlangt die Feuerwehr eine für jeden ihrer Mitarbeiter eindeutige und klar ablesbare Anzeige und eine einfache Bedienbarkeit - unabhängig vom jeweiligen Fabrikat: Die Anlage muß ein einheitliches Feuerwehr-Bedienfeld besitzen.
  
- Bei Einbruchmeldeanlagen wird die Zentrale nicht von der Polizei, sondern von einem vom Errichter eingewiesenen Spezialisten bedient, so daß ein einheitliches Anzeige- und Bedienfeld nicht nötig ist.
  
- Polizei und Feuerwehr haben für die Weiterleitung des Alarmrufs unterschiedliche - historisch gewachsene - Anschaltbedingungen, die meist voneinander abweichen.
  
- Einbruchmeldeanlagen werden zunehmend auf gewerbliche Wachdienste aufgeschaltet, die ihrerseits zunächst nach einem Alarm das überwachte Objekt erkunden, ehe die Polizei zu Hilfe geholt wird.
  
- Brandmeldeanlagen sind bei Alarmweitergabe in der Regel unmittelbar auf die Feuerwehr aufgeschaltet.

## 2. Kombinierte Brand- und Einbruchmeldeanlagen

Diese Gründe führten dazu, daß der Verband der Sachversicherer in seinen Richtlinien für Brandmeldeanlagen und für Einbruchmeldeanlagen jeweils vollständig voneinander getrennte Anlagen forderte. Nur für sie gestanden die Versicherer etwaige Rabatte auf die Prämie zu; nur sie wurden anerkannt, wenn der Einbruchdiebstahlversicherer als Vertragsgrundlage eine Überwachung des Objektes verlangte.

In den 70er Jahren kam aus der Kundschaft häufiger der Wunsch, beide Techniken einzusetzen. Einige Anlagenhersteller - inzwischen auf beiden Gebieten versiert - boten kombinierte Anlagen an: automatische Brand- und Einbruchmeldeeinrichtungen auf eine Zentrale geschaltet, deren Alarme in einem Meldetableau im Betrieb angezeigt und an eine Stelle weitergegeben wurden, die dann ihrerseits entweder Polizei oder Feuerwehr alarmierte.

Insbesondere für Einbruchmeldeanlagen wurde die Erweiterung um - meist wenige - Alarmgruppen zur automatischen Brandmeldung angeboten und auch von der Kundschaft nachgefragt.

Im Verband der Sachversicherer befaßte sich die Unterkommission "Brand- und Einbruchmeldeanlagen" mit diesem Ansinnen und beschloß im Jahr 1979 trotz einiger Bedenken, die Kombination zuzulassen, wenn der Umfang des Brandmeldeteils verhältnismäßig gering blieb: Auf die anerkannte Einbruchmelde-Zentrale dürfen seither max. 2 Brandmeldergruppen - also nicht mehr als 60 automatische Brandmelder - aufgeschaltet werden.

Hierbei mußten - neben der Einhaltung der jeweiligen VdS-Richtlinien - folgende Bedingungen erfüllt werden:

- Für die Energieversorgung ist die schärfere der beiden Richtlinien maßgebend.
  
- Das Feuerwehr-Bedienfeld muß klar von allen übrigen Anzeigen und Funktionen der Zentrale abgegrenzt sein. Das kann wahlweise durch ein eigenes Tableau, durch eine besondere Anordnung auf dem gemeinsamen Tableau oder durch farbliche Unterscheidung der Elemente des Feuerwehr-Bedienfeldes von allen übrigen Elementen des Tableaus oder eine Bildfolge auf dem Bildschirm sein. Vorausgesetzt wird nur eine für die Feuerwehr unverwechselbare Zuordnung der Elemente des Feuerwehr-Bedienfeldes.

### 3. Neue Techniken

Damit waren zumeist auch die Möglichkeiten der Hersteller erschöpft, solange noch in der herkömmlichen Relais-Technik gearbeitet wurde. Eine neue Dimension erhielt diese Frage jedoch mit der zunehmenden Verwendung zentraler Datenverarbeitung und mit dem Aufkommen der Mikroprozessor-Technik.

Diese erlaubten es auf der einen Seite, mit wirtschaftlichem Aufwand weit mehr Funktionen als bisher in der Zentrale zu vereinen. Auf der anderen Seite war jetzt nicht mehr nur die Gerätetechnik - die Hardware - gefordert, sondern zusätzlich die Software, also die Programmierung. Für die Geräte konnten Programme geschrieben werden, die es zuließen, nicht nur die Brand- und die Einbruch-Meldetechnik ohne irgendwelche Größenbegrenzung zu kombinieren, sondern sie als Teil in eine zentralisierte Hausleit-Technik zu integrieren.

Damit entstanden für die Gefahren-Meldetechnik zugleich mehrere zusätzliche Probleme:

- Zuverlässigkeit und Überprüfbarkeit der Software
- Prioritätenkatalog für die zusammengeschalteten Funktionen

- Erhalt der Zuverlässigkeitsanforderungen für Gefahrenmeldeanlagen
- Erfüllung der spezifischen Sonderbedingungen in den Richtlinien für Brand- und Einbruchmeldeanlagen
- Erfüllung der unterschiedlichen Aufschaltbedingungen von Feuerwehr und Polizei
- Gegenseitige Beeinflußbarkeit verschiedener Funktionen
- Beeinflußbarkeit des gesamten Systems von außen

#### 4. Brandmeldeanlagen neuer Technik

Die klassische Prüfung eines Brandmeldesystems konnte mit einer überschaubaren Anzahl verschiedener Versuchsmethoden im Labor erledigt werden. Die einzelnen Bauteile waren einfach zu untersuchen, deren Zusammenwirken eindeutig zuzuordnen. Dies wird auch künftig bei der Prüfung der Hardware einer prozessorgesteuerten Brandmeldeanlage möglich sein. Eine neue Dimension ist jedoch bei der Prüfung der eingesetzten Software erreicht worden. Da der Prozessor eine Vielzahl ganz unterschiedlicher Befehle verarbeiten kann, ist eine Prüfung aller durch das Programm aufgeprägten Funktionen nicht mehr möglich.

Die bisherige 100 %-Prüfung muß durch eine stichprobenartige Durchforstung der Programmstruktur auf ihre Schlüssigkeit ersetzt werden. Der Hersteller muß hierzu dem Prüfer die Programmstruktur bekanntgeben. Das sog. Codelisting wird wohl unverzichtbarer Bestandteil der künftigen Systemprüfung werden müssen, will man nicht Gefahr laufen, daß das Programm durch einen übersehenen Fehler im Einsatzfall eine vom Melder hereinkommende Gefahrmeldung nicht als Alarm an die hilfeleistende Stelle weiterleitet oder Melder gar aus der Anlage ganz "abgeschaltet" werden.

#### 5. Kombination von Brand- und Einbruch-Meldetechnik

Für die Kombination von Brand- und Einbruch-Meldetechnik müssen einige Grundsätze gelten:

- Für die Melder der Einbruchmeldeanlage und die der Brandmeldeanlage müssen getrennte Gruppen vorgesehen werden, die jeweils ein eigenes, bis zur Zentrale geführtes, Leitungsnetz haben. Gemeinsame Verarbeitungsknoten vor der Zentrale und ab diesen ein gemeinsames Leitungsnetz sind problematisch.
- Die Bauteile der Einbruchmeldeanlage müssen auf Sabotage überwacht werden, die der Brandmeldeanlage brauchen es nicht.

- Die Batteriekapazität der kombinierten Anlage muß der härteren Anforderung 72 Stunden aus den Richtlinien für Brandmeldeanlagen, anstelle von 60 Stunden bei Einbruchmeldeanlagen genügen.
  
- Für den akustischen, optischen und elektrischen Alarm bei gleichzeitiger Meldung aus einer kombinierten Anlage ist diese Reihenfolge einzuhalten:
  - - Personengefahr
  - - Gefahr für Sachgüter
  - - Wartungs- und Falschalarm
  
- Zwischen Brandalarm und Einbruchalarm hat wiederum der Brandalarm den Vorrang.
  
- Eindeutig gelöst werden muß das Problem, daß Sabotage und erkennbare Falschalarme vom Brandmeldeteil als Störung ausgewertet und angezeigt werden, dagegen für den Einbruchmeldeteil als "Alarm" weitergegeben werden. Beispiel: Unterbrechung der Leitung vom Melder zur Zentrale.
  
- Die Bedienertableaus an der Zentrale müssen so angeordnet oder geschaltet sein, daß ein eigenes Feuerwehr-Bedienfeld eindeutig erkennbar und bedienbar ist.

## 6. Kombination von Gefahrenmeldeanlage mit der Hausleit-Technik

### 6.1 Allgemeines

Zu den bereits genannten Problemen kommen weitere hinzu, wenn eine oder beide Gefahrenmeldeanlagen auch noch mit der Hausleit-Technik kombiniert werden.

Die Hausleit-Technik besitzt für die bestimmungsgemäße Erfüllung ihrer Funktionen ein deutlich niedrigeres Sicherheitsniveau gegenüber Fehlern und Ausfällen, als sie es für die Gefahrenmeldetechnik notwendig ist und auch gefordert wird:

- Sie übermittelt ständig Meßwerte, so daß die Tatsache eines Fehlers schnell auffällt; die Gefahrenmeldetechnik soll nur den äußerst selten eintretenden Gefahrenfall signalisieren, sonst aber inaktiv bleiben.
- Ihr Ausfall kann leichter einmal hingenommen werden als bei der Gefahrenmeldetechnik.
- Infolgedessen benötigt die Hausleittechnik auch keine überwachten Leitungen zur Signalübermittlung.



Selbst, wenn man für die Hausleit-Technik die gleichen Zuverlässigkeitsmaßstäbe ansetzte, wie für die Sicherheitstechnik, müßte dennoch - allein durch die Kombination - die Gesamtzuverlässigkeit sinken. Grundsätzlich bedeutet nämlich jede Addition von Funktionen zugleich eine Potenzierung der Fehlermöglichkeiten - ganz gleich, mit welcher Technik gearbeitet wird. Sehr einfach - wenn auch für die Informationstechnik in der Größenordnung nicht richtig - läßt sich das am Würfelspiel erkennen: Mit einem Würfel die Sechs zu erreichen, entspricht einer Chance von 1:6. Zwei Sechsen mit zwei Würfeln zu erzielen, ist nur noch mit einer Wahrscheinlichkeit von 1:36 möglich. Im Prinzip dasselbe gilt für die fehlerfreie Übertragung unterschiedlicher Kenngrößen: Mit jeder neu angeschalteten Informationsart potenzieren sich die Fehlermöglichkeiten, statt sich nur zu addieren.

Das heißt, daß mit jeder neu zu übertragenden Informationsart entweder die einzelnen Zuverlässigkeitsanforderungen erhöht werden müßten oder zu die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems sinken müßte.

## 6.2 Kommunizierende Anlagen

Daraus ergibt sich eigentlich schon eine Grundanforderung für eine - wie auch immer - kombinierte Technik:

- Die Brandmeldeanlage und/oder die Einbruchmeldeanlage muß von der übrigen Hausleit-Technik autark errichtet werden.
- Sie muß eigene Zentrale(n) mit klar gekennzeichnetem Feuerwehr-Bedienfeld besitzen. Bei kleineren Anlagen sind hier Kombinationen möglich; für größere Anlagen sollten jeweils getrennte Zentren vorgesehen werden.
- Eine Verknüpfung mit dem (eigenständigen) System der Hausleit-Technik darf nur über definierte Schnittstellen geschehen.
- Eine etwaige Datensichtstation darf nicht auch Teil der Gefahrenmeldeanlage sein, sondern sie könnte äußerstenfalls ein bedienfähiges Nebemeldetableau sein; besser sind zwei voneinander völlig unabhängige Datensichtstationen für Hausleit-Technik und Gefahrenmeldetechnik.
- Bei einer Kombination in der Datensichtstation muß die Rückwirkungsfreiheit auf die Gefahrenmeldeanlage sichergestellt sein.
- Die Gefahrenmeldung hat stets Priorität vor allen anderen Meldungen.

- Die Hausleit-Technik bringt häufig auch eine Verknüpfung mit dem öffentlichen Nachrichtennetz mit sich. Über dieses Netz können grundsätzlich Außenstehende mit dem Rechner der Leittechnik Kontakt aufnehmen und dann auch Daten entschlüsseln oder sog. Computer-Viren in das System einschleusen. Das System kann von außen unbrauchbar gemacht werden. Auch gegen diese Gefahren muß eine rückwirkungsfreie Kommunikation mit der Gefahrenmeldeanlage ausgelegt sein.

Die miteinander kommunizierenden - in sich aber autarken - Systeme haben verschiedene Vorteile:

- Meldungen aus der Hausleit-Technik können ergänzende Informationen über einen gemeldeten Gefahrenzustand geben
- Die eingehenden Gefahrenmeldungen können auch dazu ausgewertet werden, bestimmte Steuerbefehle an Teile der Haustechnik zu übertragen, die dem erkannten Gefahrenzustand entgegenwirken.

Es sollte aber auch ein Nachteil gesehen werden:

- Gefahr der negativen Beeinflussung; hierzu ist unbedingt die Rückwirkungsfreiheit zu fordern.

### 6.3 Integrierte Hausleit- und Gefahrenmelde-Technik

Aus dem Vorgetragenen ergibt sich, daß die Versicherer zu einem integrierten Hausleit- und Gefahrenmelde-System beim derzeitigen Stand der Erkenntnisse und der Technik ein klares Nein sagen müssen. Die für Gefahrenmeldeanlage zu fordernde Betriebssicherheit ist nicht gegeben. Dem Vernehmen nach wäre sie - theoretisch - auch nur mit einem Kostenaufwand zu verwirklichen, den weder Hersteller noch Betreiber zu tragen bereit sind. Die Zukunft wird erweisen, ob insbesondere eine hohe Zuverlässigkeit auch für integrierte Systeme bei vertretbaren Kosten verwirklicht werden kann. Dann werden auch die Versicherer neu über diese Frage nachdenken müssen.

Marcel Ruggli  
Cerberus AG, Männedorf/Schweiz

## DIE AUTONOMIE VON SICHERHEITSANLAGEN

### 1. Vielfalt haustechnischer Anlagen

Heute gibt es in jedem Gebäude industrieller, kommerzieller, administrativer oder beherbergungs- bzw. pflegegerichteter Nutzung eine grosse Zahl von technischen Ausrüstungen, die man unter dem Sammelbegriff "Haustechnische Anlagen" zusammenfassen kann:

- Energie-Versorgungseinrichtungen (Strom, Gas, Wasser)
- Notstromanlagen
- Heizungs-, Klima- und Ventilationsanlagen
- Transportanlagen (Aufzüge, Förderanlagen)
- Entsorgungsanlagen (Abwasser, Luft)
- Nachrichtentechnische Anlagen (Telefon-, Ruf-, Gegensprechanlagen)
- Beschallungsanlagen
- Zutritts- und Identifikationsanlagen
- Gefahrenmelde- und Schutzanlagen (Brand, Gas, Einbruch, Ueberfall)

Die Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, zeigt aber das hohe Mass der Technisierung von Gebäuden. Sie lässt auch erahnen, wie stark der die Gebäude benützende Mensch diesen technischen Mitteln ausgesetzt ist, sei es im Sinne einer Abhängigkeit oder einer Gefährdung.

Von ihrer Zweckbestimmung her könnte man diese Anlagen in zwei Hauptgruppen einteilen, nämlich in betriebstechnische Anlagen und in Sicherheitsanlagen.

Vor noch nicht allzuferner Zeit war eine betriebstechnische Anlage fast ausnahmslos ein autonomes, in sich funktionierendes System. Der Fortschritt in der Technik ermöglichte es indessen immer mehr, gewisse haustechnische Anlagen zu integrieren und daraus funktionell zusammenhängende Gesamtsysteme zu bilden.

## 2. Trend zur Integration

Die Bemühungen zur Integration betriebstechnischer Anlagen sind schon recht weit fortgeschritten. Für das Verständnis der folgenden Betrachtungen bedeutet Integration, dass mehrere Systeme gemeinsame Anlagenteile benützen. Erwähnt seien als Beispiele:

- gleiches Leitungsnetz wird als Kommunikationsebene für mehrere Systeme benützt
- gleiche Geräteteile für Auswertung, Anzeige und Bedienung werden für mehrere Systeme verwendet (einheitliche Leitstelle)
- gleiche Rechner dienen verschiedenen Datenverarbeitungsaufgaben

Die Integration bringt in vielen Fällen unwidersprochene Vorteile:

- geringerer Energieverbrauch
- bessere Kosten-/Nutzenverhältnisse in bezug auf die Investition
- bedarfsgerechterer Einsatz der Einrichtungen
- Erhöhung des Gesamtnutzens, verbunden mit einer Verbesserung des Komforts
- Vereinfachung und Optimierung der Interaktion zwischen einzelnen Systemen

Es ist abzusehen, dass diese Integration in der Zukunft noch umfassender und funktionell effizienter wird. Konzepte, ja Pilot-systeme in praktisch vollautomatisierten Gebäuden, welche alle

betriebstechnischen Systeme führungs- und steuerungsmässig zusammenschliessen, sind bekannt.

In diesem Zusammenhang stellt sich die zentrale Frage: Sollen bzw. dürfen Sicherheitsanlagen in haustechnische Gesamtsysteme integriert werden? Wie wir sehen werden, ist die Antwort eindeutig negativ, so weit man darunter eine vollumfängliche, die vitalen Systemteile einer Sicherheitsanlage erfassende Integration versteht. Dagegen kann es zweckmässig sein, Sicherheitsanlagen unter sich zu integrieren, weil damit allenfalls ein besseres Leistungs-/Nutzenverhältnis, vor allem im Bereich der Anzeige und Bedienung, erreicht wird, weil aber auch beim Aufkommen einer Gefahr gewisse wechselseitige Funktionen optimaler ablaufen. Man denke zum Beispiel an die Ansteuerung von Löschanlagen durch Brandmeldesysteme.

Diesem Aspekt soll aber hier nicht weiter nachgegangen, sondern nur begründet werden, warum eine vollumfängliche Integration von Sicherheitsanlagen in andere haustechnische Anlagen abzulehnen ist. Dabei soll diese Frage aus der Sicht

- der technischen/wirtschaftlichen Überlegungen
- der einschlägigen Vorschriften
- der Kundenerwartungen
- der grundsätzlichen Erwägungen zum Stellenwert der Sicherheit behandelt werden.

### 3. Fundamentaler Unterschied zwischen Sicherheitsanlagen und betriebstechnischen Anlagen

Jede betriebstechnische Anlage ist leistungsgerichtet, d.h. sie dient direkt oder indirekt der Produktion bzw. dem Nutzungszweck des Gebäudes.

Sicherheitsanlagen hingegen sind, im herkömmlichen Sinne verstanden, unproduktiv. Sie liefern keinen Beitrag an die im Haus

ablaufende Leistungskette, keinen an die Wertschöpfung, unmittelbar auch keinen an die Aufenthalts- bzw. Lebensbedingungen im Gebäude. Sicherheitsanlagen erbringen aber eine Leistung besonderer Art, nämlich eine Ueberwachungsleistung. Sie entheben den Menschen von einer ihm obliegenden Wahrnehmungs- und Beurteilungsfunktion. Vielfach haben Sicherheitsanlagen sogar einen kompensatorischen Zweck, um vor Gefahren zu schützen, welche der Mensch mit seinem Wahrnehmungs- und Reaktionssystem nicht mehr bewältigen kann. Die Leistung von Sicherheitsanlagen ist also nicht produktiv und nicht wertschöpfend, hingegen oftmals eine Voraussetzung, dass eine solche Wertschöpfung oder ein Bestimmungszweck des Gebäudes überhaupt erfüllt werden kann.

Sicherheitsanlagen liegen deshalb auf einer ganz anderen Ebene der Zweckbestimmung als betriebstechnische Anlagen. Sie haben eine Bedeutung, die in Bezug zu setzen ist mit übergeordnet sein. Sie nehmen deshalb einen Sonderstatus in der Haustechnik ein.

#### 4. Autonomie für Sicherheitsanlagen aus technischen/wirtschaftlichen Ueberlegungen

Es gibt eine Reihe von technischen/wirtschaftlichen Ueberlegungen, welche für diese Autonomie sprechen. Sie stehen beinahe alle im Zusammenhang mit dem Anspruch auf höchste Verfügbarkeit und lassen sich wie folgt darstellen:

##### 4.1 Hohe Störsicherheit

Von allen haustechnischen Anlagen stellen Sicherheitsanlagen die höchsten Anforderungen an ununterbrochene Betriebsbereitschaft. Alle Bauelemente müssen den höchsten Qualitätsansprüchen genügen (maximaler MTBF). Auch Beeinträchtigung durch elektromagnetische Störeinflüsse, welche letztlich zu Systemstörung oder Fehlalarm führen können, müssen durch entsprechende Komponentenwahl und Auslegung der Schaltungen vermieden werden.



Diese Höchstqualität spricht ganz für die Autonomie der Anlage, denn logischerweise müsste dieses Qualitätsniveau im Falle einer Integration der Sicherheitsanlage in ein Gesamtsystem über alle gemeinsamen Betriebsteile gefordert werden, was weder vom Bedürfnis her noch aus wirtschaftlicher Sicht vertretbar ist.

#### 4.2 Notlauf

Sicherheitssysteme müssen, wenn sie selbst gestört sind, noch im Sinne einer Mindestfunktionsfähigkeit, also auf Notlaufstufe, operationsfähig bleiben. Meistens bedeutet das Verdoppelung besonders wichtiger Anlagenteile. Bei einer autonomen Sicherheitsanlage ist eine Redundanz wirtschaftlich vertretbar. Müssten aber haustechnische Gesamtsysteme redundant sein, führte dies zu erheblichen und auch unnötigen Mehrkosten.

#### 4.3 Notstrom

Fällt die herkömmlicherweise benützte Netzenergie aus, muss diese aus einer eigenen Notstromanlage für Stunden bis zu Tagen verfügbar sein. Ist eine Sicherheitsanlage ein autonomes System, so kann der Aufwand für diese Notstromversorgung im Rahmen gehalten werden, wogegen im Falle einer Integration die Kosten kaum mehr tragbar wären.

#### 4.4 Zugriffspriorität

Informationen aus einer Sicherheitsanlage sind naturgemäss oft solche über eine anstehende Bedrohung oder Gefahr. Sie haben deshalb Priorität. Solange eine Sicherheitsanlage autonom ist, bleibt der Konflikt über die Dringlichkeit, mit welcher solche Informationen durch das System behandelt werden, ausgeschlossen.

#### 4.5 Datenverlust

Daten dürfen nicht unnötigerweise der Vermengung mit anderen oder gar dem Verlust ausgesetzt werden. Durch die respektierte Autonomie einer Sicherheitsanlage ist dieses Risiko sicher stark reduziert.

#### 4.6 Kurze Reparaturzeit

Der Ausfall einer Sicherheitsanlage steht selbstredend im Widerspruch zum Sicherheitsgedanken. Konsequenterweise muss ein Sicherheitssystem im Falle von Störungen in kürzester Zeit wieder funktionstüchtig gemacht werden. Das System selbst muss sich für rasche Reparatur anbieten: Selbstdiagnose, leichte Auswechselbarkeit, Systemtransparenz. Alles das spricht für autonome Systeme, für welche ausserdem qualifizierte Fachspezialisten, nicht Generalisten, zur raschen Fehlerbehebung verfügbar sein müssen.

#### 4.7 Kein Zugriff zu den Sicherheitsfunktionen

Aus offensichtlichen Gründen ist das Recht bzw. die Kompetenz, in ein Sicherheitssystem eingreifen zu können, nur sehr wenigen Leuten zugestanden. Dieser Grundsatz der strengen Restriktion ist bei integrierten Gesamtsystemen kaum aufrechtzuerhalten, denn gewöhnlich müssten bei integrierten, multifunktionalen Systemen sehr viel mehr Personen Zugang haben. Autonomie für Sicherheitsanlagen ist auch aus diesem Grund ein Gebot.

#### 4.8 Sicherheit - ein Qualitätsaspekt

Jede technische Lösung kann auch als Optimierungsprozess aufgefasst werden. Der Qualität der Lösung steht die Wirtschaftlichkeit gegenüber. Die Frage einer Integration muss daher auch von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet werden, wobei im Falle der Sicherheitsanlage der Qualität der Lösung Vorrang gegeben werden muss. Neben diesen technischen und wirtschaftlichen Ueberlegungen gibt es die Aspekte, wie sie im Zusammenhang mit den einschlägigen Vorschriften stehen:

#### 5. Sinn und Bedeutung der Vorschriften

Sicherheit für Leben und Werte, im besonderen in Gebäuden mit öffentlichem Zugang oder solchen, in denen sich zahlreiche Menschen befinden, ist ja längst Gegenstand gesetzgeberischer Massnahmen geworden.

Auch Sicherheitsanlagen werden oft durch die zuständigen Behörden vorgeschrieben. Mit diesen Auflagen einher gehen Vorschriften für die Errichtung und den Unterhalt solcher Systeme.

Es ist interessant, dass vom Gesetzgeber in der Regel Sicherheitsanlagen implizit oder explizit als autonome Anlagen definiert werden und viele Bestimmungen der einschlägigen Vorschriften die oben dargestellten Forderungen festschreiben.

Sicher sind diejenigen, welche Vorschriften über Sicherheitsanlagen erlassen, über die technischen Möglichkeiten der Integration mit anderen haustechnischen Anlagen im Bild. Indessen hat bis heute die Erkenntnis überwogen, dass die Integration von Sicherheitsanlagen in andere Systeme im Grunde genommen keinen Fortschritt bedeutet, weil dadurch erheblich Sicherheit verloren geht. Das wäre sinnwidrig.

#### 7. Kundenerwartungen

Es ist interessant, im Zusammenhang mit den aufgeworfenen Fragen sich auch Gedanken über die Erwartungen des Kunden zu machen. Letztlich ist er derjenige, der mit den in seinem Gebäude installierten Systemen nicht nur leben muss, sondern darüber hinaus alle in sie gesetzten Erwartungen und Forderungen erfüllt sehen will:

Sicherheitsanlagen sind heute stark verbreitet. Ein wesentlicher Grund dafür ist ihre Bewährung. Diese Bewährung ist ihrerseits das Resultat von hoher Produktequalität, breitem Know-how für Konzeption und Ausführung und zuverlässiger Wartung seitens der Anlagebauer. Dieser hohe Stand hat zwei wichtige Hintergründe:

- die Spezialisierung
- der Wille zur Verantwortung

Beide haben einen inneren Zusammenhang. Die Spezialisierung entstand aus dem Willen zur Verantwortung seitens der Anlagen-

bauer für die adäquate Lösung des Sicherheitsproblem. Die Verantwortung ihrerseits ist umso eher und umfassender wahrzunehmen, je grösser der Wissensstand, d.h. die Spezialisierung des Anlagenbauers ist.

Diese Verantwortung wird vom Kunden auch gesucht. Sie soll deshalb klar definierbar sowie über die gesamte Lebensphase einer Sicherheitsanlage gewahrt bleiben und auch rekonstruierbar sein. Das ist am ehesten denkbar für eine Sicherheitsanlage, die als autonomes System konzipiert und ausgeführt worden ist und als unabhängige Einheit in der Vielheit von haustechnischen Anlagen besteht und wirkt.

Neben diesen sachlogischen Begründungen für die Autonomie einer Sicherheitsanlage gibt es auch eine psychologische, welche nachfolgend dargelegt wird.

## 7. Grundsätzliche Erwägungen zum Stellenwert der Sicherheit

Zweifelsohne hat der Begriff "Sicherheit" eine weitgespannte Bedeutung. Im technischen Sprachgebrauch wird "sicher" oft als Synonym für "gefährlos" verwendet. Diese Deutung reicht aber bei weitem nicht aus, um den Begriff "sicher" bzw. "Sicherheit" in seiner umfassenden Geltung zu erklären. Vielmehr ist "Sicherheit" eine Kategorie, die wie wenig andere das Verhalten und Handeln des Menschen beeinflusst. Das ist interessant und bedeutungsvoll genug, um über die dafür vorliegenden Gründe nachzudenken.

### 7.1 Sicherheit, ein Lebensphänomen

Jedes Lebewesen ist auf Selbsterhaltung "programmiert". Was beim Tier als instinktmässige Reaktion zum Zwecke des Selbstschutzes noch deutlich erkennbar ist, stellt sich beim Menschen als intuitives und reflektiertes Verhalten und Handeln dar. Für Tier und Mensch ist der Urgrund aber derselbe: Lebenserhaltung als originäres Lebensprinzip, oder anders ausgedrückt: Sicherung der Existenz.

Die moderne Psychologie bestätigt es: Das Bedürfnis nach Sicherheit steht an vorderer Stelle menschlichen Strebens. Aus dieser Grundhaltung heraus hat der Mensch immer für sich und seine Werke Sicherheit gesucht, d.h. Sicherheit im Sinne der Erhaltung und Stärkung seiner selbst und seiner Leistungen.

Sicherheit ist also wesenhaft. Sicherheit hat deshalb den Menschen seit Anbeginn bis in die technisch beherrschte Welt von heute begleitet. Und das Besondere: Sicherheit hat sich oft und in vielen Aspekten - eben weil sie Kerngehalt der menschlichen Disposition ist - als besondere und oft ausschliessliche Einrichtung oder Funktion ihren Sonderstatus, ihre Autonomie erhalten. Hinweise darauf gibt es zahlreiche, angefangen bei den von der Natur selbst eingebrachten Sicherheitssystemen in unserem Körper bis hin zu den von Menschen in ihren eigenen Werken geschaffenen Sicherheitssystemen, welche oft die Sicherheit vorantreiben bis nahe an den Zustand der "Gefahrlosigkeit".

### 7.2 Sicherheit nie absolut...

Dass Sicherheit nie absolut sein kann, ist eine alte und an sich betrübliche Erkenntnis. Trotzdem sucht der Mensch immer wieder danach. Durch dieses Streben hat er zweifelsohne Errungenschaften erreicht, die ohne diese dauernde Umsetzung des Sicherheitsdenkens schlechthin nicht möglich wären. Oder wäre sonst das Leben in einer dichtest bevölkerten Zone mit all den Gefahren des Verkehrs, der Produktion und der Verteilung überhaupt denkbar? Oder wären je die Weltmeere oder der Luftraum erschlossen worden, ohne dass dem Prinzip der Sicherheit höchste Beachtung geschenkt worden wäre?

### 7.3 ... aber ausschliesslich

Bedeutung und praktische Allgegenwart des Sicherheitsbedürfnisses geben den Mitteln zu ihrer Konkretisierung den Anspruch auf Vorrecht und Ausschliesslichkeit. Das kann an bekannten Dingen veranschaulicht werden: Der Staat schafft und unterhält ausschliessliche Instrumente für seine Sicherheit. Die Gesellschaft

gründet und unterhält riesige, zweckgebundene Fonds für die Sicherheit ihrer Glieder. Ein Unternehmen hortet Reserven für die Sicherheit in schwierigen Phasen. Ein Eisenbahnsystem ist ausgerüstet mit eigenen, nur der Sicherheit dienenden Ueberwachungs- und Steuerungssystemen. Dasselbe gilt auch für ein Flugzeug. Und letztlich ist der Pannestreifen auf der Autobahn ausschliesslich für die Sicherheit des "immobilen Fahrers" bestimmt. Mittel und Instrumente für die Sicherheit sind demnach in allen diesen Fällen nicht zweckentfremdet. Umgekehrt sollen auch Mittel und Instrumente anderer Zweckbestimmungen nicht Aufgaben bzw. Funktionen sicherheitstechnischer Natur übernehmen. Das ist nur konsequent und gehört ins Stammbuch eines jeden, der über Sicherheit zu entscheiden hat.

Werden also im Gebiete der Haustechnik Sicherheitsanlagen mit anderen haustechnischen Anlagen in vitalen, für die Funktionen der Sicherheit entscheidenden Anlageteilen integriert, handelt man gegen das Prinzip der Vorrangstellung und der Autonomie der Sicherheit.

#### 7.4 Machbarkeit versus Prinzip

Die technische Machbarkeit rechtfertigt nie eine Abkehr von diesem Prinzip. Wenn trotzdem immer wieder Vorschläge zur Integration von Sicherheitsanlagen in andere haustechnische Anlagen vorgebracht werden, so darf man mit Fug fragen, ob dies nicht auf Unwissenheit oder Fehlbeurteilung zurückgeht.

Zugegeben, die Integration von Sicherheitsanlagen in Gesamtsysteme ist technisch möglich und wird sich mit dem technischen Fortschritt immer wieder als verlockende Lösung anbieten. Mit anderen Worten, eine Leitstelle für betriebstechnische Anlagen ist technisch durchaus in der Lage, jegliche Zustandsinformation zu erfassen und zu verarbeiten, also auch Signale zur Erkennung von Gefahren. Aber eine solche Mischung von Zweckbestimmungen, die mit einem einzigen technischen System alles regeln, über-

wachen und erfassen will, also auch Gefahrenmeldungen, verstößt, wie bereits erwähnt, gegen den Grundsatz der Sonderstellung eines Sicherheitssystems. Was machbar ist, ist nicht unbedingt gerechtfertigt.

#### 7.5 Zusammenwirken, nicht integrieren

Wenn hier die Unabhängigkeit einer Sicherheitsanlage mit Ueberzeugung vertreten wird, so gilt das selbstverständlich nur bis zu einer sinnvollen Grenze. Sobald im Zusammenhang mit der Gefahrenbekämpfung gewisse Verrichtungen durch andere haustechnische Anlagen ausgelöst werden müssen, drängt sich ein Verbund mit den betriebstechnischen Leitsystemen nachgerade auf, zum Beispiel für die Ansteuerung von Klima- und Ventilationsanlagen, Notbeleuchtungen etc. Denkbar ist auch eine duale Registrierung von ausgewählten Zustandsinformationen oder Ereignissen, um damit den Gesamtüberblick an Informationen zu gewährleisten. Ein solcher Ueberblick ist im Augenblick auftretender Gefahr wichtig, für die Betreuung und Wartung der Haustechnik zudem jederzeit nützlich.

#### 8. Zusammenfassung

Eine Sicherheitsanlage hat, vom Wesen der Sicherheit abgeleitet, einen Sonderstatus in jeder Beziehung, seien es die Qualität der Produkte, die Verfügbarkeit des Systems, die Priorität der Informationsverarbeitung oder die Massnahmen bei Störungen. Das alles spricht für Trennung und Unabhängigkeit.

Das Zusammenwirken mit anderen haustechnischen Anlagen ist richtig und wünschenswert. Die Autonomie der Sicherheitsanlage muss aber in diesem Fall bis zum unabhängigen Entscheid über Alarm und seine Identifikation gehen.

Jede weitergehende Integration ist abzulehnen, und zwar nicht nur aus Gründen technischer Art, sondern vor allem aus Prinzip, eben aus dem Prinzip der Sicherheit.





PAUL BRYANT

Loss Prevention Council, UK

Building Management Systems and Standardization

Today I would like to highlight how, within the 'standards making' field we see the part that standards play in the understanding of the terms 'Building Management System' in particular and, 'integrated system' in general.

One of the most notable advances in fire protection technology is the ability for an individual fire detector to be addressed by the fire detection control and indicating equipment so that an alarm condition can be pin-pointed to a definitive location. This type of technology has also enabled detector types, such as smoke or heat detectors to be identified at the indicating panel. With this facility, detectors other than fire detectors (for example, intruder monitoring devices) could be connected on the same line, so that when an alarm condition is given by a particular detector, the appropriate responses (for example fire alarm, intruder alert) could be given at the control and indicating equipment.

So here we have what could possibly be termed as, an integrated system.

Standards within the fire detection field have attempted to keep up with the rate of progress in technology. With any committee structure consisting of a variety of sometimes conflicting opinions,

rules and recommendations, particularly those concerning new technology, can take some time to finalize.

A factor in preparing standards is to agree the terms used, and this also applies to the term 'integrated system' and 'Building Management Systems'.

Within the protection field we can envisage at least three versions of system.

Version 1, would be where a separate fire detection system, intruder alarm system, environmental management system, etc, are connected to a common indicator panel which may include VDU's and printers. In this version, there would be practically no interaction between the systems so that failure or vandalism to one of the subsystems should not interfere with the rest of the systems, and, depending on the configuration of the indicators, should not affect the displays.

Version 2, would be where separate lines or loops of fire detectors, intruder detectors, etc are connected to common control and indicating equipment.

In this configuration, faults within one of the lines or loops should not interfere with the inputs from the rest of the system, but it is essential that the reliability of all inputs are to a satisfactory level, since there is a real possibility of corruption or failure of the total control function if one of the inputs is more prone to failure.

In present systems the level of reliability currently place on Fire and Intruder alarm systems may be generally higher than that given to Environmental Management Control.

This is something that needs to be carefully considered for integrated building management systems.

The third version would be where all detection components (i.e. fire, intruder and environmental management) are connected on the same line (as mentioned earlier).

With this configuration we can envisage problems, such as:

(i) Compatibility

The function of fire detectors in conjunction with Fire Alarm control and indicating equipment is generally standard and understood and the same would apply to other types of systems. Introducing detectors with completely different functions within the same system prompts the questions of

- (a) Functional compatibility, such as operational voltage and current levels, transmission code recognition, etc.
- (b) Environmental compatibility, such as operation in adverse temperatures and under the influence of electrostatic discharge or high electromagnetic fields.

(ii) Corruption

With devices using different operating principles, and different priorities for the subsequent actions taken, there is real concern that, for example, corruption of a

data code will mean that a fire condition, may be seen by the control and indicating equipment as an intruder alert. This corruption could, for instance, be caused by outside influences such as electrostatic discharge. In this case, a system of checking (for example, bit parity checks for microprocessors) would have to be incorporated.

(iii) Accessibility

The layout and accessibility of controls and displays has got to be an area of concern for this version and for the other versions. The Loss Prevention Council have produced a document for fire alarm system control and indicating equipment - LPS1010 which contains requirements for the level of access and observability of controls and indicators. These requirements have also been taken aboard in the new British Standard on the same subject, BS 5839 : Part 4 and the European draft EN 54 : Part 2.

(iv) Priority

Another factor that would have to be carefully considered for all versions is the subject of priority. For instance, should certain types of security alarm (e.g. 'personal attack') be equivalent to fire alarm? Or should a fault in the fire alarm portion have higher priority than an intruder alarm?

The Loss Prevention Council's approval scheme has always tried to cater for equipment using new technology when perhaps appropriate

British Standards cannot be directly applied. In fact the LPC was the first UK organisation to approve a 'New Generation System'. Since Building Management Systems are now becoming more common, we believe that research into standards for this subject area is of real importance.

The 1988 British Standard concerning the installation of Fire Alarm Systems, BS 5839 Part 1, contains guidance on the use of fire alarm systems integrated with other systems. Areas considered include:

- a) Priority of signals.
- b) Distinction of sounders.
- c) Layout of controls.
- d) Time-related systems (i.e. daytime/night time operation).
- e) False alarms.
- f) Signal to remote manned centres.
- g) Power supplies.
- h) Faults.
- i) Multiplexed conductors.

Consideration is also given to cable segregation, servicing and isolation.

Within the UK, together with BSI and the LPC, we have the trade organisations who prepare standards and participate in the preparation of BSI/LPC standards. As well as our involvement with British Standards, the LPC are involved in the European insurance standards association, the Comité Européen des Assurances (CEA). Within the CEA, we are re-assessing our various fire protection philosophies in the light of the changing technology, and one of the subjects being pursued

is that of Building Management Systems.

To form a standard we should initially determine the scope of activity covered by the term 'Building Management System' so that the various aspects can be quantified.

With the terminology identified, we can then carry out a more detailed investigation to determine the reliability of such systems, together with the other aspects to be contained within the standard.

The european standards bodies CEN and CENELEC, although burdened with the task of achieving standardisation in many subject areas for 1992, will no doubt see the subject of 'Building Management Systems' as of valuable importance for future systems. The european trade organisation EURALARM prepare standards and help in the preparation of CEN and CEA standards.

On an international level, the standards organisations ISO and IEC, have already taken aboard the subject of integration within systems, although the work is still at an early stage. In this arena, the 'Quality System' standards ISO 9000 have been produced (also currently incorporated in the 1987 series of British Standard 5750), and could be useful in implementing the reliability of Building Management Systems.

Going back to the European situation, I touched on the magic year, 1992.

Drawing up European specifications for equipment, although many problems could be encountered, has been possible. In fact, within the fire detection field, we have many published, or soon to be published, European Standards. These standards are included in the EN 54 series.

The European Insurers' CEA also have a standard for fire alarm installations - 'Guidelines for Automatic Fire Alarm Installation' and are currently working on a revised document to cover novel aspects including the subject discussed today. But there is a problem in finalizing an overall European code of practice. This is not totally due to national differences but to differences between the various interests of the Trade, Users, National Authorities and Insurers.

The LPC's Loss Prevention Certification Board operate certification schemes including those not covered by British or European standards. The board and the working panels of the LPCB consist of members from all interests. The aim of the LPCB is to offer a totally international recognition of loss prevention equipment and services for the future by preparing up to the minute standards for equipment and services.

With the LPC's extensive involvement in British, European and International Standards, we hope to offer maximum contribution in preparing European standards for 1992. The first phase is to achieve standards in well known subject areas, and this is something that, in the fire detection field, has become a reality.

This will pave the way for standards for new subjects, such as integrated systems, so that the European market of 1992 will be a benefit and not a hindrance to those of us involved in the world of protection.



J. Prunier  
C.N.P.P., Paris, France

Compatibilité entre la Gestion Centralisée d'informations et la  
supervision des alarmes incendies

I - Introduction

Un bâtiment moderne, en fonction du genre d'activité qu'il abrite, comporte un certain nombre d'équipements de nature et de complexité fort diverses.

Le schéma n° 1 en donne une liste (non exhaustive).

Chacune des fonctions remplies par ces équipements doit s'intégrer dans une mission plus vaste, définie par la destination même du bâtiment. Harmoniser cet ensemble technique nécessite de connaître et de traiter une grande quantité d'informations émanant de tous les équipements concourant à l'exploitation et à la sécurité de l'immeuble.

Le schéma n° 1 montre également que la gestion centralisée des informations peut s'effectuer soit localement sur le site lui-même, soit dans un centre de surveillance géographiquement éloigné du site surveillé. En effet, dès qu'interviennent les techniques actuelles de transmission sur fil, la distance entre les capteurs des informations et le lieu où elles seront traitées importe peu.

Dans le premier cas, on parlera de gestion locale centralisée, dans le second, de télésurveillance. Nous ne traiterons dans cet exposé que de la gestion locale centralisée, car il est assez facile d'en étendre les conclusions à la télésurveillance, qui par ailleurs, est un autre sujet.

Nous nous permettrons à présent de parler quelque peu de terminologie, car nous pensons que la clarté des idées gagne à accepter les contraintes qu'imposent les mots. L'usage français actuel dénomme GTC (Gestion Technique Centralisée) le système qui permet de ramener en un point toutes les informations nécessaires à la supervision d'un bâtiment.

La lettre T (Technique) possède alors, à notre sens, un caractère trop restrictif dès que le système en question traite aussi bien les informations techniques que celles concernant la sécurité (anti-incendie ou anti-malveillance).

Remarquons à ce propos que nos amis anglo-saxons utilisent le vocable B.M.S (Building management System) qui est plus juste à cet égard que celui de Gestion Technique Centralisée, puisqu'il ne suggère aucune restriction de la nature des informations.

Nous pensons qu'il serait juste de parler (en français bien sûr) de Gestion Centralisée d'Informations (G.C.I) qui engloberait aussi bien les informations techniques proprement dites (G.T.C) que les informations de sécurité. Il resterait pour ces dernières à choisir entre "Gestion Centralisée de Sécurité (G.C.S) ou "Gestion de Sécurité centralisée" (G.S.C).

L'esprit cartésien, si cher à nous autres français, serait satisfait et cela correspondrait mieux aux faits rencontrés dans les installations actuelles.

Nous espérons que les traductions de ces concepts dans d'autres langues que le français ne poseront pas trop de difficultés !

## II - Gestion centralisée d'informations et sécurité incendie

---

Nous avons fait la distinction, sur le plan terminologie, entre la gestion des informations techniques et la gestion des informations de sécurité, plus particulièrement celles concernant l'incendie et la malveillance. Cette distinction a, dans les faits, une très grande importance.

En effet, l'on peut dire que les systèmes de gestion technique centralisée et ceux de gestion sécurité centralisée se sont développées indépendamment. Les premiers sont arrivés à un haut degré d'évolution technologique, notamment depuis le développement de l'informatique industrielle.

Les seconds ont suivi une évolution parallèle, moins spectaculaire peut être, mais certainement convergente depuis l'avènement des systèmes à logique programmée dits "adressables". L'usage de ceux-ci est désormais courant en matière de détection d'incendie et commence à se répandre dans certaines installations de protection anti-malveillance.

Cependant, la puissance publique et la profession de l'Assurance n'ont pas cru devoir intervenir d'une façon aussi serrée sur les systèmes de gestion technique centralisée que sur les systèmes de gestion de sécurité, lesquels ont suivi librement une évolution technologique qui, nous le répétons, atteint aujourd'hui de hauts niveaux sur certaines grandes installations. Apparemment, cette évolution s'est faite en l'absence de toute pression réglementaire. Il n'en a pas été de même pour les installations de sécurité.

C'est que, dans nos pays européens, les matériels de détection d'incendie et leurs asservissements sont assujettis à un cadre réglementaire très strict, soit de par la loi, soit par les exigences de la profession de l'Assurance. Ce cadre s'applique aussi bien aux performances des matériels qu'à leur installation sur le terrain.

La rapidité avec laquelle un incendie se développe justifie ces précautions de la part des autorités ayant en charge la sécurité des personnes, ainsi que de la part de ceux qui garantissent les biens vis à vis des risques du feu.

La qualité des matériels, la fiabilité de fonctionnement des installations d'alarme incendie sont aujourd'hui reconnues. Elles sont le fruit de cette rigueur dans le respect des règles de l'Art dont les textes réglementaires sont l'expression.

Il en est résulté que parmi les équipements d'un immeuble (usine, entrepôt, surface commerciale ou bureaux) le système de détection et d'alarme incendie a une "personnalité" bien particulière, qui le met à part des autres équipements. En particulier il est doté d'une complète indépendance vis à vis des autres systèmes. Détecteurs, fileries, tableau de collecte, de traitement et d'affichage des informations délivrées par les capteurs, dispositifs d'alarme sonores et visuelles, et jusqu'à l'alimentation en énergie, le tout constitue un ensemble homogène qui doit assurer sa mission en dépit des perturbations qui peuvent l'agresser.

Ces observations valent également pour les installations anti-malveillance, tels que les dispositifs de contrôle d'accès et la détection anti-intrusion, même s'il ne s'agit que de protéger des biens et non aussi des personnes. Il est des cas où le niveau de risque, bien que de nature différente, est équivalent à celui rencontré en protection incendie. Or qui dit gestion centralisée, dit regroupement en un seul point de toutes les informations concernant l'établissement surveillé.

Cette condition est facilement satisfaite dès que le tableau de contrôle de l'installation de sécurité incendie et que les coffrets de commande des installations anti-malveillance sont situés dans le même local que le processeur central traitant les informations provenant des systèmes techniques.

S'agit-il alors de véritable gestion centralisée ? Pas encore, du moins tant que toutes les informations ne seront pas traitées par un processeur commun, et n'apparaîtront pas sur les mêmes dispositifs d'affichage et d'impression automatique des événements.

Franchir ce dernier pas ne posera guère de gros problèmes si le processeur commun peut recueillir et traiter les informations délivrées par les installations de sécurité feu et anti-malveillance. Il suffit que celles-ci soient prévues en conséquence et qu'il y ait compatibilité, du point de vue échange d'informations, entre le processeur central et les installations de sécurité.

Il est très important de remarquer que l'architecture globale que nous venons de décrire n'a en rien obéré l'indépendance, la "personnalité" des installations de sécurité. Le cadre réglementaire (du moins tel qu'il est tracé en France) est strictement respecté.

### III - Systèmes de gestion centralisée d'informations dits "à installations spécialisées" et systèmes dits "intégrés"

Ce que nous venons de dire suggère immédiatement une forme d'architecture pour les systèmes de G.C.I. Nous la nommerons "Système de G.C.I à installations spécialisées". Pour en avoir la représentation, il suffit d'appliquer à chaque installation technique, répondant à une mission spécifique, ce que nous avons dit sur la façon de relier les installations de sécurité au dispositif de traitement général et d'affichage des informations. Le schéma n° 2 donne la forme de cette architecture, au sujet de laquelle il est important de noter les remarques générales suivantes :

- Chaque installation, technique ou de sécurité est mise en place et entretenue par et sous la responsabilité d'un professionnel qualifié de chaque domaine concerné. Ce point est capital sur le plan juridique, car le champ d'action, de compétence et de responsabilité de chaque installateur spécialiste est délimité avec précision.
- Chaque installation possède sa propre "intelligence" qui lui permet d'accomplir sa mission de façon autonome mis à vis des autres systèmes spécialisés. Le "logiciel", ou le "programme", déterminant le degré d'intelligence de l'installation est élaboré et mis en oeuvre sous la responsabilité de l'installateur.  
(Nous employons les termes de "logiciel" et de "programme" dans leur sens large, sans sous-entendre que "l'intelligence" propre aux installations fasse obligatoirement appel à l'informatique, car il existe des systèmes intelligents qui utilisent d'autres techniques !).
- Une panne sur l'une ou l'autre des installations spécialisées n'a pas de répercussion directe sur les autres installations. Le système de gestion centralisée ne perd que les fonctions de l'installation défectueuse.

- La défaillance du processeur central, (qui collecte, traite et affiche les données délivrées par les "intelligences" de chaque installation) n'a pas de conséquence catastrophique. Du fait de l'indépendance et de l'autonomie des différentes installations composant le système global, les fonctions homéostatiques pourront encore être assurées si les installations ont été conçues pour cela. On perdra certes la commodité de la gestion centralisée, mais la marche en "mode dégradé" restera toujours possible.

L'un des gros reproches que l'on a fait aux systèmes de G.C.I bâtis suivant cette architecture est leur gourmandise en fil de câblage. Du fait de l'indépendance des installations, chaque installateur "tire" ses propres lignes, et l'on aboutit parfois à plusieurs câblages empruntant les mêmes cheminement topographiques, ce qui n'est pas un facteur d'économie ! D'où l'idée de remplacer ces câblages multiples spécialisés par un câblage unique susceptible de véhiculer toutes les informations entre le processeur central et les diverses installations.

C'est là un procédé bien connu en informatique pour faire "dialoguer" entre eux les éléments d'un réseau de plusieurs machines et de leurs périphériques. Aujourd'hui, le "BUS" se rencontre fréquemment dans les systèmes de G.C.I, sous des formes et des adaptations variées. Nous savons qu'il peut avoir la structure "en étoile" ou celle en "anneau". Le schéma n° 2 a une structure en étoile. Le schéma n° 3 représente une structure en anneau.

Le choix de la structure adéquate est lié à la topographie des bâtiments à surveiller et des technologies utilisées.

Tant qu'il s'agit de "reprenre" par un BUS les informations délivrées par les installations spécialisées, nous n'avons guère de différence avec un système où les informations transitent par des liaisons directes entre les installations et le processeur central.

Une différence capitale d'architecture de système avec ce qui vient d'être décrit apparaît lorsque l'on connecte au "BUS" non plus seulement les installations spécialisées, mais directement les capteurs, de quelque nature qu'ils soient et quelle que soit leur fonction (voir schéma n° 4).

La notion d'installation spécialisée disparaît alors complètement car le traitement global de toutes les informations sera effectué par le processeur central. Les "logiciels" propres à chacune des missions dévolues aux installations spécialisées sont fondus en un logiciel unique, et il n'y a plus "d'intelligences" partielles, parfois géographiquement réparties dans l'ensemble du bâtiment, physiquement proches des matériels qu'elles doivent contrôler.

Il ne reste plus qu'une "super-intelligence" centralisée, reliée directement à tous les capteurs par le système du BUS.

Certes ce schéma doit être quelque peu adouci. Plusieurs capteurs peuvent être regroupés sur un boîtier d'interfacage qui possède lui-même un certain "degré d'intelligence, allant jusqu'à une semi-autonomie du sous-ensemble ainsi créé. Il n'en subsiste pas moins que ces boîtiers de regroupement restent des satellites de l'ordinateur central, contrairement à ce qui se passe dans le cas des systèmes à installations spécialisées, où chaque "intelligence" était entièrement autonome, et surtout conçue par l'installateur spécialisé lui-même, responsable de son installation.

Nous appellerons systèmes intégrés les ensembles de Gestion Centralisée d'informations bâtis sur ce modèle d'architecture. Comme nous l'avons fait pour l'autre type de système de G.C.I certaines remarques générales peuvent être faites à leur sujet.

- Le "domaine de compétence" ou s'exerce le savoir-faire de l'installateur perd de sa netteté. Il semble judicieux que le choix et la mise en place des capteurs restent exclusivement du ressort de l'installateur spécialisé. On ne voit pas, en effet, comment un unique maître d'oeuvre pourrait être entièrement compétent dans des domaines techniquement aussi divers que la détection d'incendie, la climatisation, le contrôle d'accès, les ascenseurs, et combien d'autres encore !
- L'intelligence propre à chaque installation spécialisée est diluée dans un système global. Or cette "intelligence" était le reflet de la pensée technique de l'installateur, lequel engageait sa garantie et sa responsabilité vis à vis de l'utilisateur final. Du fait du traitement global des informations, il est difficile de scinder le logiciel général en logiciels partiels, conçus par les installateurs spécialisés, et insérés dans le logiciel général (tels des sous - programmes auxquels celui-ci ferait appel). Cette approche est théoriquement possible mais nous paraît délicate à mettre en pratique pour de multiples raisons tenant aux contraintes techniques de l'informatique et aux habitudes de cette profession. Il sera difficile de délimiter les domaines d'action dévolus aux différents partenaires techniques et de définir leurs limites de responsabilité dans le fonctionnement (ou les dysfonctionnements ! ) du logiciel général ainsi découpé.

Toute l'intelligence du système étant concentrée en un seul "cerveau", la défaillance de celui-ci à des conséquences graves, pouvant aller jusqu'à interdire les fonctionnements en mode dégradé évoqués précédemment. Le processeur général doit être conçu pour pallier cette éventualité (utilisation de plusieurs processeurs fonctionnant en multiple redondance avec contrôles mutuels par exemple).

Pour pallier ce défaut, on peut également revenir à une forme d'intelligence répartie. Nous avons parlé plus haut des boîtiers d'interface dotés d'une certaine puissance de calcul, que l'on peut également rendre autonomes vis à vis des défaillances de l'alimentation en énergie électrique. Il n'en reste pas moins vrai que la conception d'un système informatique aussi complexe ne peut être l'apanage que d'un seul concepteur, qui devra intégrer les savoir-faire de chaque spécialiste dans son logiciel global. Cela ne simplifiera pas les problèmes d'attribution de responsabilité en cas de défaillance du système....

- Dans un système où l'intégration des diverses missions spécialisées est aussi poussée, il est difficile de prévoir comment une défaillance affectera telle ou telle mission particulière. La question se pose notamment à propos de la détection d'incendie.
- Les interfaces homme-système devront être particulièrement fiables, au besoin redondants. En effet, il ne sera plus possible de se référer aux indications des appareillages des installations spécialisées, puisque celles-ci se seront fondues dans le système global. Le maintien permanent des moyens de communication de l'opérateur avec le système technique devient un point capital.

Nous avons cru utile de développer les caractéristiques propres aux systèmes de G.C.I à installations spécialisées et intégrées, afin de mieux mettre en évidence les problèmes de compatibilité qui se posent vis à vis de la détection d'incendie lorsqu'il s'agit de l'inclure dans de tels systèmes.

### III - Regards sur les tendances actuelles des installations de gestion centralisée d'informations.

Dans un domaine autant soumis à la pression technologique, la modestie doit être de règle lorsque l'on se base sur des observations de terrain, car une revue complète des systèmes actuels de GCI demanderait bien plus de temps que celui dont nous avons disposé.

Le mode d'architecture qui rencontre le plus de faveur est celui à installations spécialisées, et cela quel que soit le degré de sophistication technologique du système.

De ce fait, le problème réglementaire soulevé par la "fusion de la personnalité" des installations de sécurité incendie dans un ensemble plus vaste moins bien cerné ne se pose pratiquement plus.

Dans les grandes installations, les principes concernant les systèmes à installations spécialisées que nous avons exposés à la section III sont respectés.

Ces grandes installations comportent bien sûr un processeur central, qui gère notamment le dispositif de visualisation, souvent très sophistiqué, mais aussi joue surtout le rôle de coordinateur des actions des "points intelligents" répartis dans tout l'ensemble du système.

Ces "points intelligents" ne sont pas directement les systèmes de gestion interne de chaque installation spécialisée, mais sont les boîtiers d'interfaçage de l'installation de GCI proprement dit avec lesdits systèmes de gestion interne.

Autrement dit, chaque installation possède son dispositif de contrôle propre, qui en fait partie intégrante. Ce dispositif "dialogue" avec le boîtier d'interfaçage de l'installation de GCI. Ce boîtier peut, en fonction des installations spécialisées auxquelles il est raccordé, être doté d'une capacité de calcul élevée (nous en connaissons qui sont équipés de deux microprocesseurs 8 bits adressage 16 bits), mais il n'intervient pas dans la gestion interne des systèmes. Il se bornera, le cas échéant, à leur transmettre les modifications de certains points de consigne, une erreur manifeste de manoeuvre du poste de surveillance centrale étant palliée par les sécurités internes de l'installation spécialisée.

On trouve souvent, dans ces grandes installations, la technologie "BUS". D'autres techniques sont également utilisées, tels le multiplexage d'informations simples comme celles données par l'état (ouvert ou fermé) d'un contact sec.



Ce sont dans les installations équipant des sites plus modestes qu'on trouve la tendance à l'intégration de tous les capteurs dans un ensemble de traitement général indifférencié.

Ainsi l'on y rencontre des détecteurs d'incendie et d'intrusion branchés directement sur les boîtiers d'interfaçage. Les informations qu'ils délivrent sont traitées directement par le calculateur central, lequel, dans ces petites installations, n'est pas toujours doublé en mutuelle redondance.

Il y a des raisons économiques à cette option, mais c'est là le cas typique de disparition de la "personnalité" des installations de sécurité dont nous avons longuement parlé.

En fait, la différence entre les systèmes à installations spécialisées et systèmes intégrés est moins tranchée que l'exposé théorique pourrait le faire croire. Les boîtiers d'interfaçage des "BUS" permettent, le plus souvent, aussi bien le raccordement d'une installation délivrant plusieurs dizaines d'informations qu'un simple détecteur ne signalant son état que par l'ouverture d'un contact, pourvu que, le cas échéant le boîtier lui fournisse la tension nécessaire à son alimentation.

Les systèmes actuels permettent de larges possibilités quand au raccordement au BUS des divers "périphériques", simples ou complexes. C'est davantage du côté des nécessités de l'exploitation et du coût d'installation que se trouvent les motivations des choix.

Lorsque, (outre les installations spécialisées), quelques détecteurs d'incendie ou d'intrusion sont connectés directement sur le BUS reposed le problème de la disparition de la "personnalité" des installations de sécurité.

Nous avons relevé notamment des cas où la détection incendie n'était utilisé que comme un "plus", l'établissement étant par ailleurs sprinklé en ses points les plus sensibles. L'exploitant du site ne voulait pas faire les frais d'une installation spécialisée de détection d'incendie pour couvrir les autres zones, et a souhaité profiter du "BUS" de l'installation de SIC. Ce qui fut fait. Peut-on l'en blâmer ? Voilà un cas type qui risque d'être suivi de bien d'autres. Il appartient aux prescripteurs et aux autorités réglementaires d'en juger, avec toute l'ouverture d'esprit et l'objectivité souhaitables.

Le schéma n° 5 donne un exemple d'architecture où la "personnalité" des installations spécialisées pourrait être respectée tout en ayant une structure "semi-intégrée".

IV - Approche des conditions de compatibilité des installations de sécurité incendie et des systèmes de gestion centralisée d'informations.

Nous n'essaierons pas, dans ce que nous ne voulons être qu'une approche, de traiter à fond cette question capitale pour les praticiens.

Notre objectif est de jeter quelques bases qui certainement, devront être complétées par les utilisateurs, les prescripteurs, et peut être revues en fonction de l'évolution technologique.

V - 1) Cas d'un système de GCI à installations spécialisées.

En se référant à ce qui a été dit précédemment, il apparaît que les conditions de compatibilité entre une installation de détection automatique d'incendie et un système de gestion centralisée d'informations sont relativement simples. Essayons de les énoncer.

- a) Définition de la nature et du nombre des informations que doit délivrer l'installation de détection.
- Alarme } par détecteur, par zone de surface couverte ou
  - Défaut } par boucle de détection
  - Présence ou défaut des diverses sources d'alimentation
  - Mise en et hors service de l'installation.  
(signalisation d'état, au besoin télécommande)
  - Informations d'état concernant les systèmes asservis à l'installation de détection.
  - Eventuellement commandes de téléaction effectuées à partir du poste central si le système de GCI le permet.
- b) Moyens de liaison entre l'installation de détection et le processeur central.
- Liaisons directes par boucles auto-surveillées
  - BUS de type informatique (étoile ou anneau)
  - Boîtiers d'interfacage
  - Plans de raccordement des borniers avec affectation détaillée de chaque borne, tant sur le bornier installation que sur celui au boîtier d'interfacage.

c) Protocoles de dialogue entre l'installation de détection proprement dite et le processeur central

- Il arrive que ce protocole soit géré par le boîtier d'interfaçage lui-même, l'installation se bornant à fournir les informations par l'état d'un contact.
- Certains protocoles sont empruntés à des techniques connues (ex : liaison RS 232, V24, RS 422 et 423) d'autres sont propres au constructeur du système de GCI. Dans des domaines similaires (aéronautique notamment) on a normalisé les protocoles de dialogue entre l'ordinateur central et ses périphériques. Les spécialistes de la domotique travailleraient, en France du moins, sur cette question. Il serait souhaitable que les efforts des différentes instances en ce domaine soient convergents !

d) Fiabilité du processeur central

- Fiabilité intrinsèque du matériel
  - durée de vie prévue
  - conditions climatiques d'environnement (température, hygrométrie, atmosphères agressives)
  - résistance à la pollution électromagnétique (important)
- Moyens de secours en énergie électrique
  - vis à vis des microcoupures (onduleur secouru par batterie-tampon)
  - vis à vis des coupures prolongées du secteur (groupe électrogène)
- Fiabilité du logiciel

Dans le cas considéré d'un système à installations spécialisées, où la marche en mode dégradé sur les intelligences propres de chaque installation, est possible, la panne du processeur central n'a pas de conséquences indésirables. Il n'en est pas moins nécessaire de disposer d'un bon logiciel exempt de défauts de programmation (bugs). Comme les défauts de logique (parfois difficiles à déceler), ils peuvent rester longtemps cachés et ne se révéler qu'au cours d'une configuration de fonctionnement peu fréquente ou difficilement prévisible.

L'écriture d'un programme complet est longue et méticuleuse, donc coûteuse. Chaque établissement est un cas particulier et le logiciel d'exploitation doit être rédigé "sur mesure". Pour réduire les coûts, les fournisseurs de logiciel adaptent des programmes standard (cas des logiciels à multifenêtrage), "tournant" sous système d'exploitation classique (tels l'UNIX ou le MS DOS). Certains sous-programmes de routine sont même carrément achetés à des sociétés de services spécialisées. La juxtaposition d'éléments aussi complexes et disparates ne va pas sans quelques déboires.

Il appartient à l'utilisateur final du système de GCI d'être vigilant et de prévoir dans son cahier des charges des clauses de garantie expresses concernant les défauts logiciels, et de faire confiance à des logiciels standards déjà éprouvés. fut-ce au prix de sacrifier quelques exigences de confort d'exploitation peu nécessaires au fond. "Les moutons à cinq pattes" coûtent toujours très cher...

#### V - 2 - Cas d'un système de GCI à installations intégrées.

La démarche exprimée dans les points que nous venons d'examiner reste valable. La seule différence est que l'on pourra raccorder indifféremment au BUS soit des installations spécialisées, soit surtout des capteurs isolés. Il faudra alors attacher encore plus d'importance aux conditions de raccordement desdits capteurs, qui exigent des conditions particulières d'alimentation (tension, taux d'ondulation résiduelle..).

Du fait que la marche en mode dégradé sur les "intelligences partielles" n'est plus possible, une attention toute particulière doit être accordée à la fiabilité matérielle et logicielle du processeur central, ainsi que sur la sensibilité des dispositifs de transmission et de traitement des informations numériques à la pollution électromagnétique, génératrice d'altération des signaux transmis. Les conditions de secours en énergie recevront, pour les mêmes raisons, une attention spéciale.

Qu'en est-il, si l'intégration est totale, de la responsabilité de l'installateur incendie ? Aura-t-on même recours à lui ? Le cas s'est rencontré ou la réponse a été négative. Or nous savons combien le choix du détecteur en fonction de ses conditions d'environnement est important. Nous savons aussi que sa disposition dans la zone à surveiller demande un savoir faire particulier et doit souvent répondre à des prescriptions réglementaires.

Nous pensons qu'il est toujours prudent, et souvent indispensable, de faire appel à l'homme de l'art. Son domaine de responsabilité irait de l'implantation du détecteur jusqu'à son branchement au boîtier d'interfaçage. On retrouverait ainsi la notion de responsabilité du spécialiste dont nous avons longuement parlé à la section II, mais dans ce cas, le traitement des informations lui échappe encore.

Ce traitement se borne souvent à localiser visuellement le détecteur sollicité, et à indiquer son état (alarme ou défaut), c'est là le rôle d'une installation de détection incendie, nous dira-t-on. Certes, mais sous quelles conditions de sécurité? Si l'on en venait là, il serait hautement souhaitable que les détecteurs d'incendie soient essayés au moyen de foyers types, en présence de leur installateur, et que le fonctionnement complet de toute la chaîne (du détecteur à l'affichage de l'information) soit testé en présence des différents partenaires techniques à la réalisation du système. En somme, qu'il y ait une réception du système, en ce qui concerne sa mission de "sécurité incendie" comme on réceptionnerait une installation de détection classique. Il serait également bon que cette opération de vérification générale du fonctionnement du système de GCI (en ce qui concerne sa fonction "feu" tout au moins) soit répétée périodiquement.

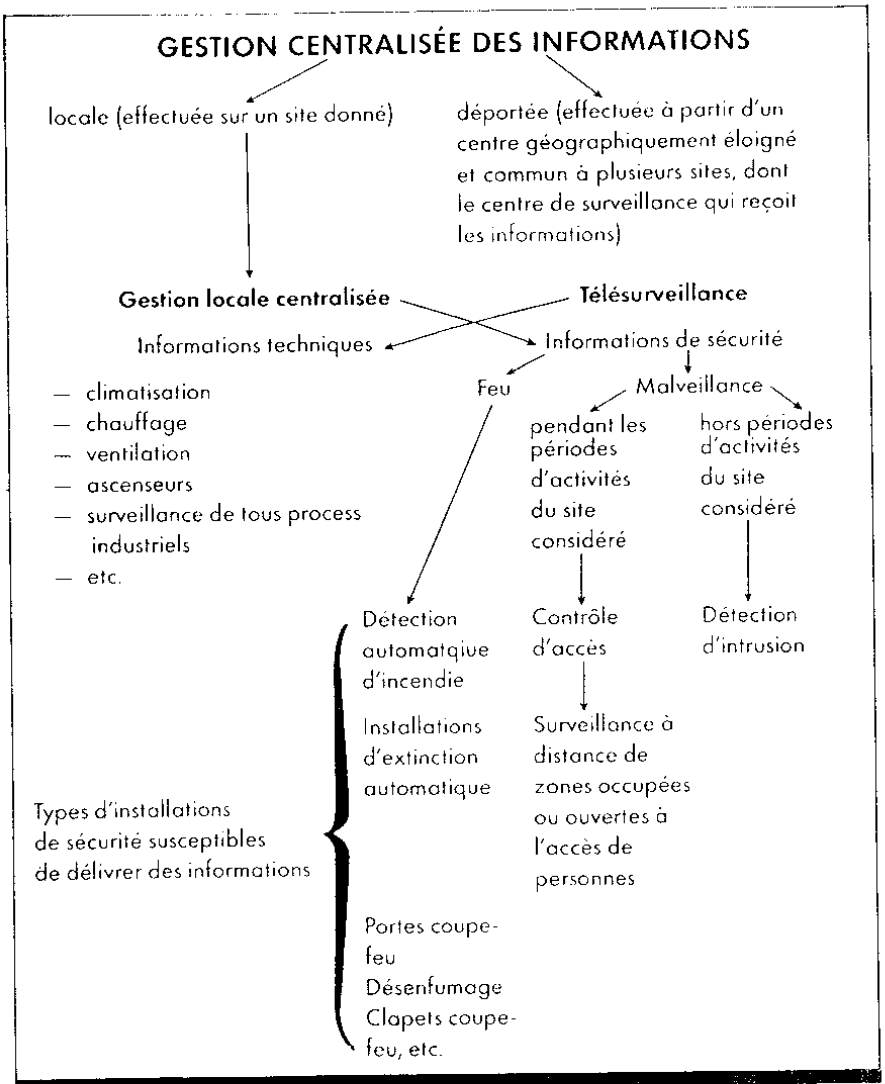
## VI - Conclusion

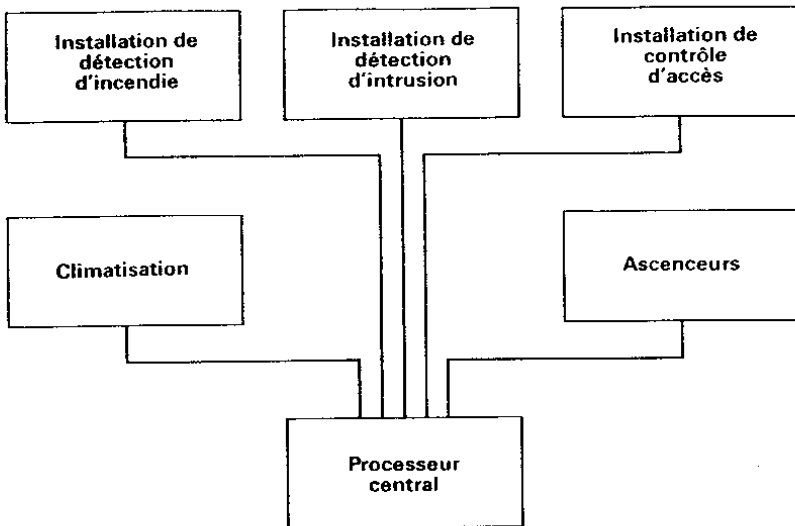
L'intérêt dont la gestion centralisée des informations est actuellement l'objet est la preuve qu'elle répond aux besoins des responsables de sécurité de sites aussi divers qu'entrepôts, usines, établissements bancaires, immeubles à grande hauteur.. et de bien d'autres encore.

Les systèmes a installations spécialisées répondent aux problèmes prescriptifs et réglementaires concernant les installations de sécurité, notamment celles d'alarme incendie. Le prix de cette simplification théorique en est peut être un coût plus élevé. Cela reste une question à préciser...

Les systèmes dits "intégrés", s'ils permettent une simplification des câblages du bâtiment, posent encore des problèmes de sécurité systémique point encore complètement maîtrisés, et ne satisfont pas aux exigences réglementaires actuelles.

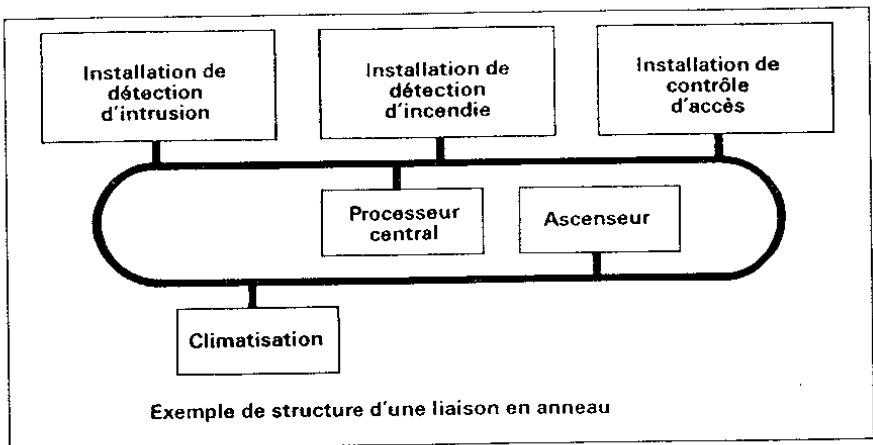
Devant la poussée technologique qui, probablement, jouera davantage en faveur des seconds, utilisateurs, prescripteurs et autorités lécales doivent raison garder. "L'illusion technique" est parfois génératrice d'amères déceptions, aussi faut il éprouver au feu de l'expérience les nouveautés apportées par le progrès, en s'appuyant sur les acquis antérieurs, mais en restant toujours ouvert aux nouveaux apports. Telle est je pense, l'attitude qu'il convient d'avoir vis à vis de la coexistence, que je souhaite toujours pacifique, de la gestion centralisée d'informations et de la gestion centralisée de la sécurité incendie.

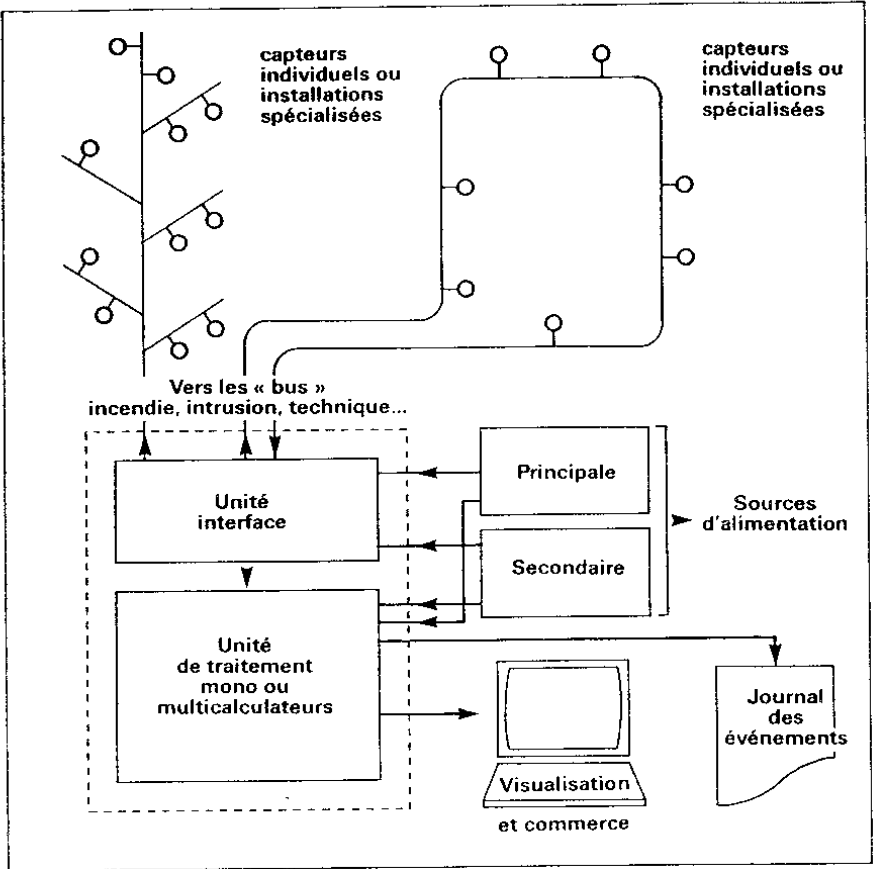




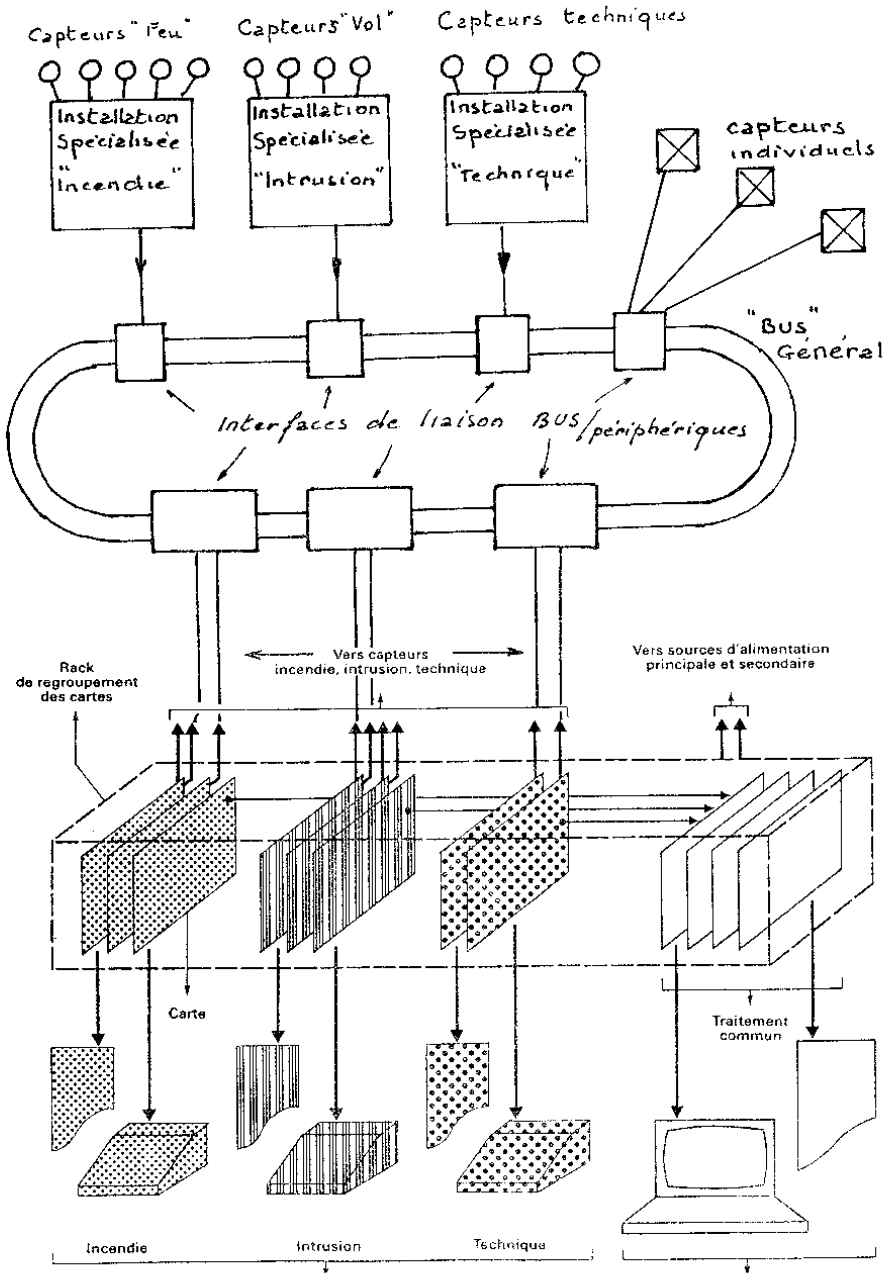
**Exemple de structure de liaison en étoile**







SCHEMA N°4



Consoles de visualisation et de contrôle individualisées permettant de « reprendre la main » sur chaque installation individuelle en cas de défaillance du système commun de traitement (mode dégradé).

SCHEMA N° 5



Ph. Detriche  
Sicli Systèmes Sécurité S.N.C., Le Blanc Mesnil, France  
B.M. Abdallah  
Université de Technologie de Compiègne

Influence de la compatibilité et de situation de  
sauvegarde sur la sécurité d'un système de protection  
d'incendie associé à un système de gestion centralisé de  
bâtiment.

1 - INTRODUCTION

La tendance actuelle du marché est d'associer la sécurité (incendie, gaz, intrusion, gestion des accès, ...) à des systèmes de gestion centralisée (G.T.C.) ou de gestion technique de bâtiment. Cette association est le plus souvent uniquement considérée sous ses aspects positifs.

- Optimisation des coûts d'installation et de gestion.
- Optimisation de l'exploitation, de l'intervention, de la maintenance.

En réalité, quand on parle de sécurité incendie, il ne faudrait tout de même pas oublier que l'objectif, c'est d'assurer la sécurité des personnes et des biens, et que, avant toutes autres considérations, c'est cet objectif qui doit être atteint.

Il est reconnu que les systèmes classiques atteignent cet objectif avec un "niveau de performance" satisfaisant. Le but de cet exposé est d'apprécier la façon dont ce niveau de performance est influencé par la mise en oeuvre d'un système de gestion centralisée, c'est également de proposer quelques solutions non exhaustives qui permettent de maintenir ce niveau de performance.

Cette appréciation se fera en évaluant la disponibilité des systèmes classiques, et des systèmes associés à une gestion centralisée.

## 2 - EVALUATION DES PERFORMANCES D'UN SYSTEME CLASSIQUE

### 2.1 - ELEMENTS INTERVENANT SUR LE NIVEAU DE PERFORMANCE DES SYSTEMES CLASSIQUES.

Un système classique de sécurité incendie est conçu pour offrir un certain nombre de performances et de fonctions. Certaines d'entre elles sont obligatoires, c'est en particulier :

- . Le traitement des conditions d'alarme feu, de défaut et de hors service (contrôle des états, signalisation, localisation).

D'autres, sont optionnelles, mais avec des exigences fonctionnelles précises, dans le cas où elles sont utilisées, c'est en particulier :

- . Pour certaines applications de commander automatiquement la mise en sécurité (évacuation, compartimentage, désenfumage, ...).
- . Des fonctions test.
- . Des reports d'informations à distance.

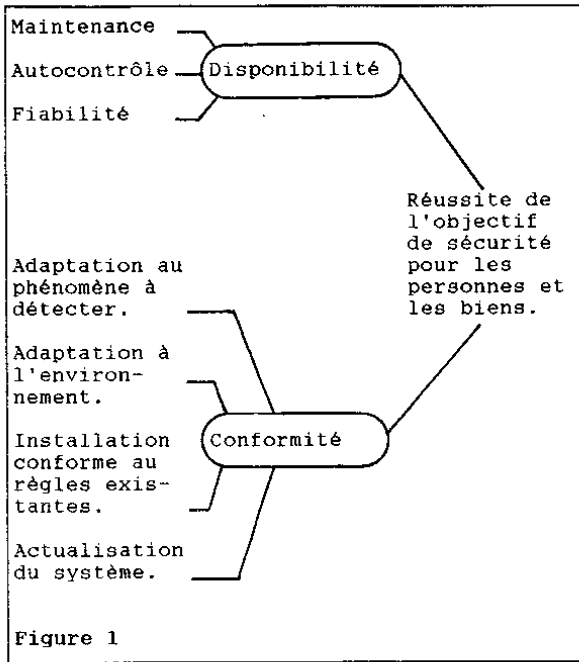
D'autres enfin, sont optionnelles sans exigences précises, si ce n'est de ne pas perturber les fonctions précédemment décrites, il peut ici s'agir par exemple :

- . De donner des instructions.
- . D'aider à la maintenance, ...
- . D'être associé à un système de centralisation.

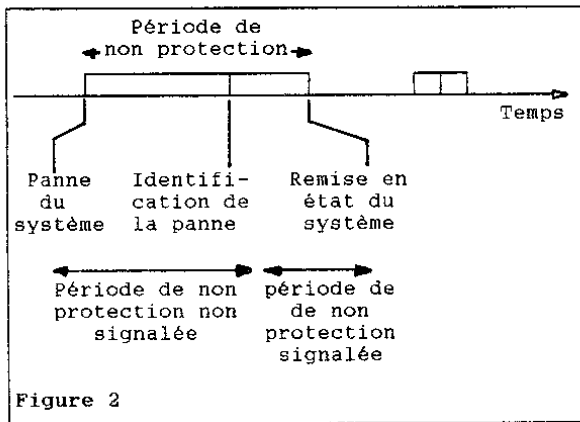
Pour les systèmes classiques, de façon globale :

- . L'existence de normes (normes nationales ou européennes).
- . L'existence de règles d'installation et de maintenance.
- . L'existence de marques de produit.
- . L'existence de qualification d'installateur.

permettent d'atteindre et de garantir le niveau de qualité recherché, à l'aide d'un certain nombre d'éléments qui peuvent être illustrés par la figure 1.



Le critère de disponibilité peut être décrit de façon complémentaire par la figure 2.

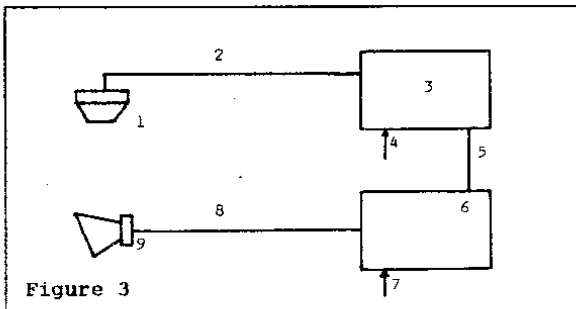


- . La fiabilité sanctionnée par les normes permet de réduire la fréquence des pannes.
- . L'autocontrôle des liaisons permet d'annuler la période de non protection non signalée, pour les défauts de liaisons (coupure / court-circuit).
- . Les techniques d'autocontrôle des détecteurs imposées par la norme Française, et que l'on voit apparaître dans les systèmes analogiques (seuil de maintenance) permettent également d'annuler la période de non protection pour les défauts liés aux détecteurs.
- . Pour les sources d'alimentation, l'association des techniques de redondance et d'autocontrôle, permet d'obtenir un taux de défaillance très faible.
- . La maintenance permet de réduire les deux périodes de non protection décrites dans la figure 2.

Pour les systèmes de sécurité classiques, c'est l'application de toutes ces "techniques" qui permet d'atteindre un niveau de performance satisfaisant.

## 2.2 - DESCRIPTIONS DU SYSTEME CLASSIQUE ET HYPOTHESES.

Dans cet exposé, nous décrivons un système de sécurité incendie constitué d'un système de détection associé à un système d'évacuation (fig. 3). Pour chacun des éléments identifiés dans ce système, nous donnerons un taux de défaillance ( $\lambda$ ) et un temps moyen de réparation ( $\Gamma$ ) exprimé en heures. Il s'agit de valeurs estimées en corrélation avec des valeurs réelles calculées ou mesurées.





COMPOSANTS		$\lambda$	$r$
1	Détecteur	10-6	12
2	Boucle de détection	10-7	24
3	Tableau de détection	10-5	24
4	Source d'alimentation de 3	10-6	12
5	Liaison de commande d'évacuation	10-7	24
6	Tableau de commande	10-5	24
7	Source d'alimentation de 7	10-6	12
8	Ligne vers les sirènes	10-7	24
9	Sirènes.	10-6	12
Tableau 1			

### 2.3 - EVALUATION PROBABILISTE.

La mesure du niveau de performance du système sera appréciée au travers de l'évaluation probabiliste de l'occurrence des deux événements redoutés suivants :

- A - Ne pas commander automatiquement l'évacuation en cas de feu.
- B - Ne pas intervenir humainement en cas de feu.

Pour chacun de ces deux événements redoutés, on tracera l'arbre d'occurrence, et on calculera la probabilité associée. De plus on donnera les résultats du calcul du facteur d'importance de Vesely - Fussell, ce qui permet d'identifier les éléments sensibles dans chacun des cas (le facteur d'importance de Vesely - Fussell d'un élément  $i$  indique la probabilité que cet élément  $i$  contribue à la défaillance du système, sachant que celui-ci est en panne).

Les analyses qualitatives et quantitatives données ci-après, ont été réalisées à l'aide du logiciel de traitement "ARBRE" développé et diffusé par l'Institut Universitaire de Technologie de Compiègne. Dans ces arbres, on donne dans les losanges un numéro permettant de repérer les composants concernés et au dessus de ces losanges, les défauts associés.

Les analyses quantitatives ont été faites pour des systèmes réparables et non réparables.

2.4 - ARBRE D'OCCURRENCE DE L'EVENEMENT REDOUTE A.

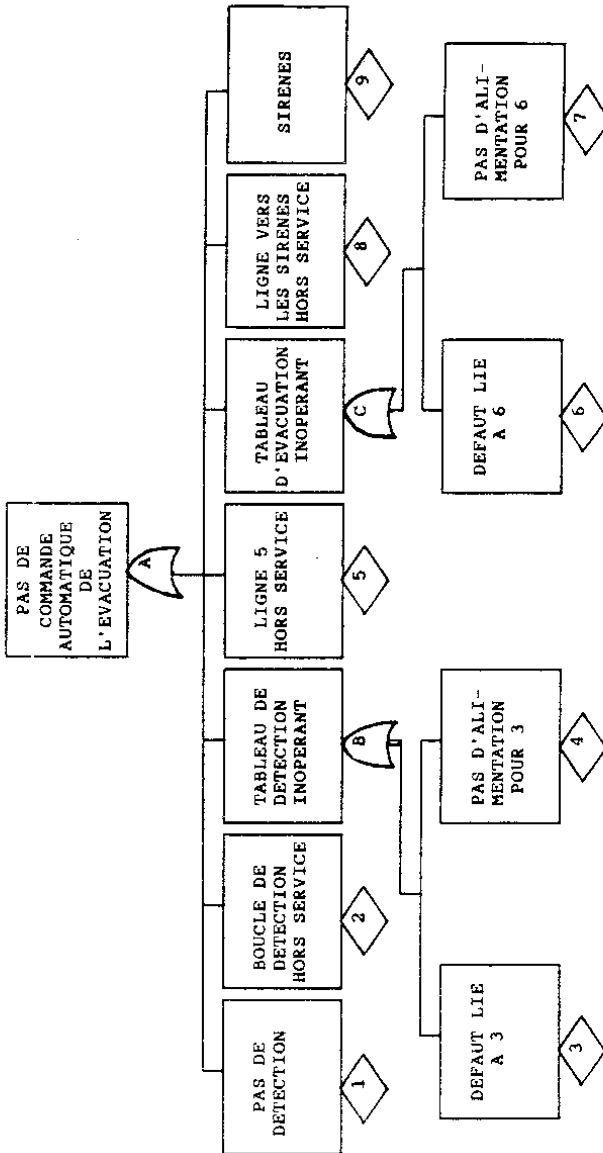


Figure 4

2.5 - ARBRE D'OCCURRENCE DE L'EVENEMENT REDOUTE B.

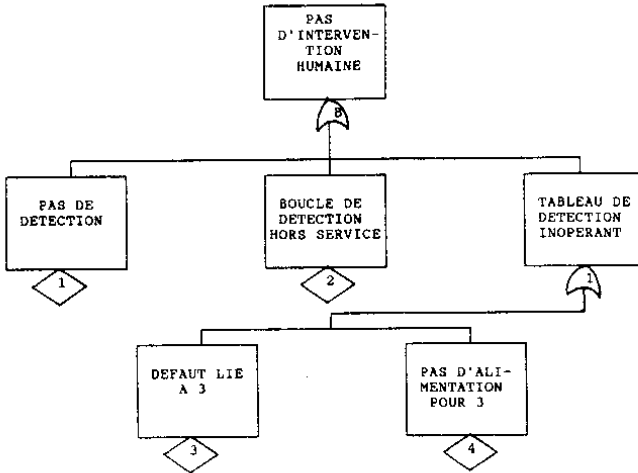


Figure 5

2.6 - EVALUATIONS QUANTITATIVES.

TEMPS (H)	PROBABILITE D'OCCURRENCE SANS REPARATION	
	EVENEMENT A SYSTEME CLASSIQUE	EVENEMENT B SYSTEME CLASSIQUE
10 E3	2.40 E-2	1.20 E-2
10 E4	0.22	0.11
10 E5	0.94	0.70
10 E6	1	1

Tableau 2

TEMPS (H)	PROBABILITE D'OCCURRENCE AVEC REPARATION	
	EVENEMENT A SYSTEME CLASSIQUE	EVENEMENT B SYSTEME CLASSIQUE
10 E3	5.35 E-4	2.66 E-4
limite	5.35 E-4	2.66 E-4

Tableau 3

	FACTEUR D'IMPORTANCE DE NIVEAU 1 A 100 000 H	
	SYSTEME CLASSIQUE EVENEMENT A	SYSTEME CLASSIQUE EVENEMENT B
SANS REPARA- TION	Défauts liés à 3 ou 6 équiva- lents : 0,69	Défauts liés à 3 : 0,90
AVEC REPARA- TION	Défauts liés à 3 ou 6 équiva- lents : 0,45	Défauts liés à : 3 : 0,90

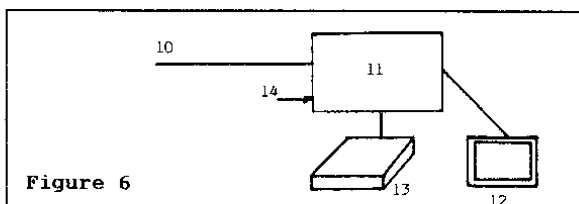
Tableau 4

Ces premières données permettent de situer le niveau de performance des systèmes classiques, elles constitueront nos références pour l'évaluation de l'influence de la mise en oeuvre du système centralisé.

### 3 - EVALUATION DES PERFORMANCES DU SYSTEME CLASSIQUE ASSOCIE A UN SYSTEME DE GESTION CENTRALISEE

#### 3.1 - DESCRIPTION DU SYSTEME

Le système complet est constitué des éléments du système classique et des composants décrits dans la figure 6.



COMPOSANTS	$\lambda$	$r$
10 Liaison système classique centralisé.	10-7	24
11 Unité centrale	10-4	24
12 Visue	10-4	12
13 Imprimante	10-4	12
14 Source d'alimentation de 11	10-6	12

Tableau 5

### 3.2 - EXIGENCE DE BASE

Dans un système classique de sécurité, il est impératif de garantir la compatibilité entre les différents éléments constituant le système. Cette exigence fondamentale est contrôlée au niveau de certaines normes, la norme française par exemple, et fait actuellement l'objet de travaux au niveau Européen.

Cette règle qui s'applique donc aux systèmes classiques doit bien évidemment s'appliquer dans le cas où ces systèmes sont associés à une gestion centralisée. Cela signifie en particulier que :

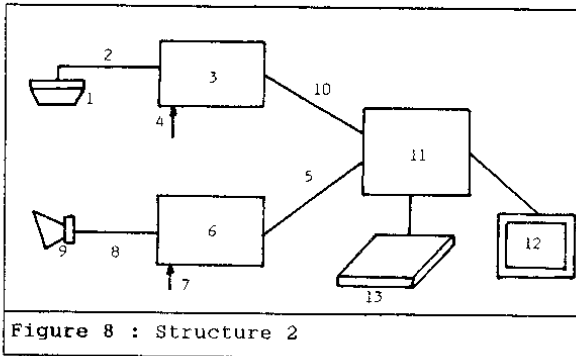
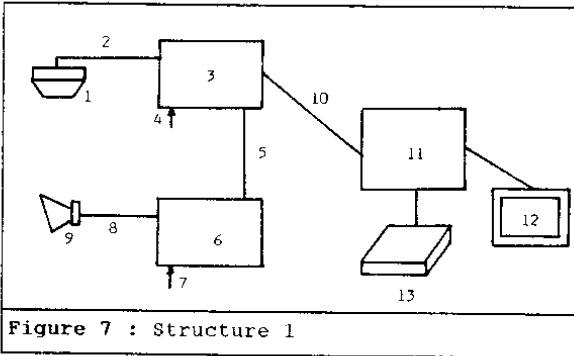
- A - Tous défaut affectant le système de gestion centralisée ne doit pas avoir pour conséquence d'entraîner en cascade un ou plusieurs défauts (destruction ou défaillance) dans le système de sécurité. Il peut s'agir de défauts :
  - . De composants.
  - . De liaisons.
  - . D'alimentations.
  - . Liés à des perturbations de l'environnement.
  - . De logiciels.
  
- B - A l'état de veille, le fonctionnement du système de sécurité ne doit pas être affecté par des événements ou des défauts sur le système de gestion centralisée (autres que ceux prévus pour son fonctionnement).
  
- C - A l'état de mise en sécurité, le fonctionnement du système de sécurité ne doit pas être affecté, par des événements ou des défauts sur le système de gestion centralisée (autres que ceux prévus pour son fonctionnement).
  
- D - Dans le système installé, les entrées/sorties entre le système de sécurité et le système de gestion centralisée doivent être compatibles, aussi bien pour les états stables que transitoires, dans les conditions définies par les constructeurs.

Si ces exigences n'étaient pas appliquées, la disponibilité du système de sécurité serait réduite d'un facteur 5 à 10, ce qui est inacceptable.

L'ASSOCIATION D'UN SYSTEME DE SECURITE A UNE GESTION CENTRALISEE, DOIT SE FAIRE EN RESPECTANT DES REGLES DE COMPATIBILITE.

### 3.3 - EVOLUTION DES PERFORMANCES POUR L'EVENEMENT RE-ROUTE A

On considérera deux structures possibles d'association. Dans la première, la liaison de commande d'évacuation est entre les composants 3 et 6, dans la seconde, cette liaison est réalisée entre les composants 11 et 6.



Les règles de compatibilité étant appliquées, l'arbre d'occurrence de l'événement redouté A, est équivalent à celui du système classique et les données quantifiées sont identiques, par contre, pour la structure 2 on a l'arbre ci-après :

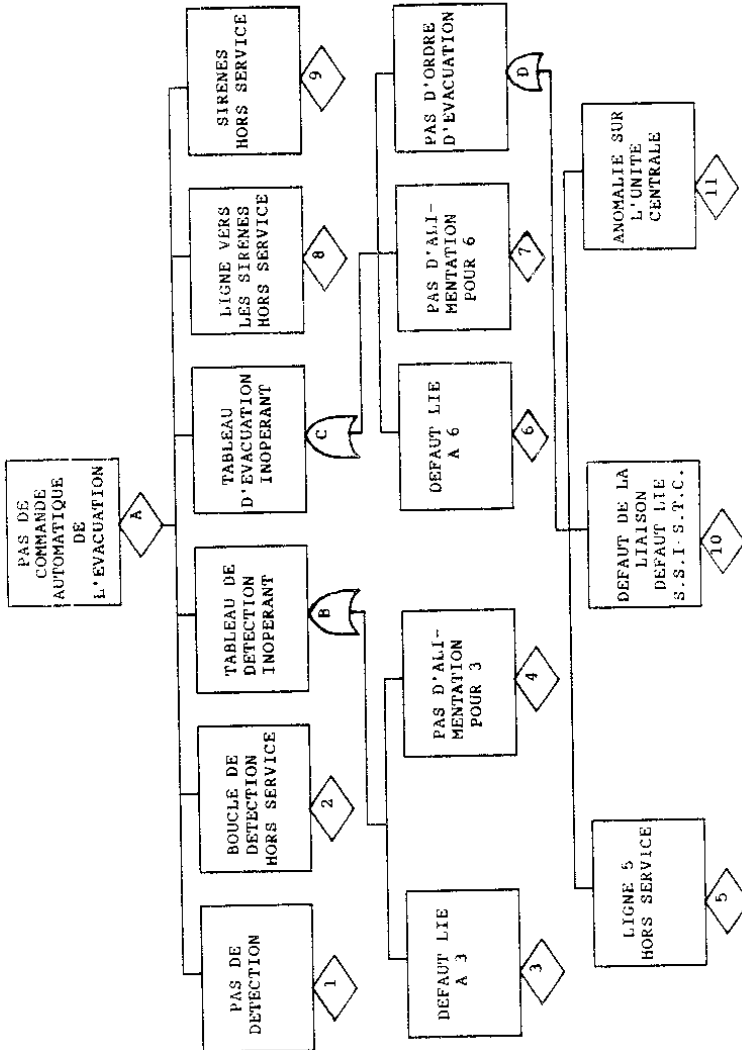


Figure 9

Les évaluations quantitatives donnent les résultats suivants :

TEMPS (H)	PROBABILITE D'OCCURRENCE DE L'EVENEMENT A SANS REPARATION	
	STRUCTURE 1 OU SYSTEME CLASSIQUE	STRUCTURE 2
10 E3	2.40 E-2	0.12
10 E4	0.22	0.71
10 E5	0.94	1
10 E6	1	/

Tableau 6

TEMPS (H)	PROBABILITE D'OCCURRENCE DE L'EVENEMENT A AVEC REPARATION	
	STRUCTURE 1 OU SYSTEME CLASSIQUE	STRUCTURE 2
10 E3	5.35 E-4	2.93 E-3
limite	5.35 E-4	2.93 E-3

Tableau 7

	FACTEUR D'IMPORTANCE DE NIVEAU 1 A 100 000 H	
	STRUCTURE 1 OU SYSTEME CLASSIQUE	STRUCTURE 2
SANS REPARA- TION	Défauts liés à 3 ou 6 équiva- lents : 0,69	Défauts liés à 11 : 0,99
AVEC REPARA- TION	Défauts liés à 3 ou 6 équiva- lents : 0,45	Défauts liés à : 11 : 0,82

Tableau 8



Il est donc clair que en ce qui concerne les asservissements de sécurité, une structure de type 2 est inacceptable puisqu'elle augmente un facteur 5 la probabilité d'occurrence de l'événement redouté par rapport à la structure 1 équivalente à celle du système classique.

DANS L'ASSOCIATION D'UN SYSTEME DE SECURITE A UN SYSTEME DE GESTION CENTRALISEE, ON DOIT DONC RESPECTER DES REGLES D'INDEPENDANCE.

### 3.4 - EVOLUTION DES PERFORMANCES POUR L'EVENEMENT REDOUTE B

Pour l'événement redouté B, on va considérer que l'intervention humaine est initiée par les informations données au poste central par le système de gestion centralisée, et que le tableau de détection est délocalisé par rapport au système centralisé.

Pour cette configuration très souvent mise en oeuvre, on a l'arbre d'occurrence de la figure 10.

Les évaluations quantitatives de cette configuration sont données dans les tableaux 10, 11 et 12. Elle démontrent une augmentation importante de la probabilité d'occurrence par rapport au système classique, ce qui est bien évidemment inacceptable. Pour revenir à un niveau de performance admissible, on peut envisager plusieurs solutions, dont une qui consiste à prévoir des signalisations de sauvegarde. Cette solution qui est exigée par la norme Française NFS 61 952, consiste à créer une ligne de sauvegarde entre le tableau de détection et une unité de sauvegarde située dans le poste central. Sur cette ligne, on transmet le feu général et le dérangement général et on signale ces états sur l'unité de sauvegarde, le tableau de détection 5, contrôle la ligne de sauvegarde, et en cas de défaut, transmet l'information correspondante vers le poste central. En cas de défaut sur le système centralisé, on reste donc toujours capable de signaler des informations de synthèse au niveau du poste central. Cette fonction est décrite fig. 11.

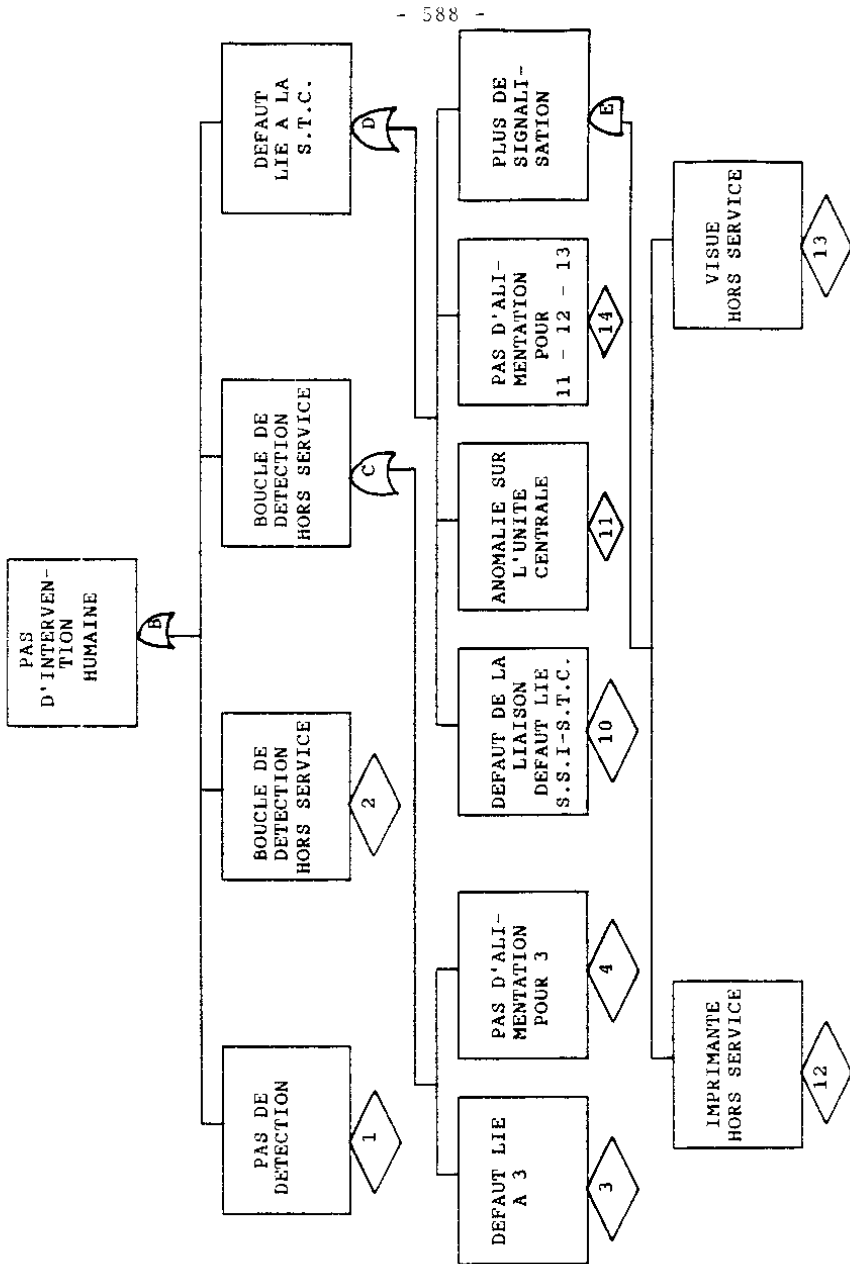
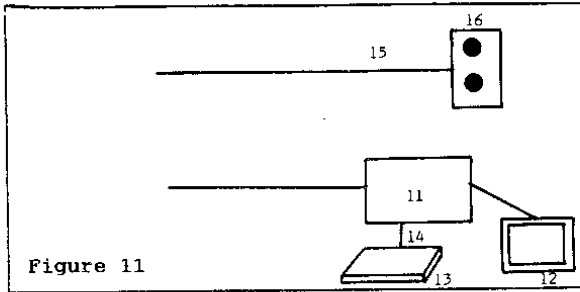


Figure 10



Les taux de défaillance et les temps moyens de réparation des nouveaux composants sont donnés dans le tableau 9.

COMPOSANTS	$\lambda$	$\tau$
15 Ligne de sauvegarde	10-7	24
16 Unité de sauvegarde	10-6	12

Tableau 9

Il va de soi que cette solution doit être associée à une organisation adaptée de l'alarme en cas de défaut liés à la GTC. Cette organisation se fondera sur les informations minimum données par les tableaux de détection et d'évacuation, le minimum étant garanti par les normes. En fait, le principe est : en cas de défaut, on ne doit perdre que l'optimisation du système.

Avec cette configuration de sauvegarde, l'arbre d'occurrence de l'événement redouté B est donné ci-après.

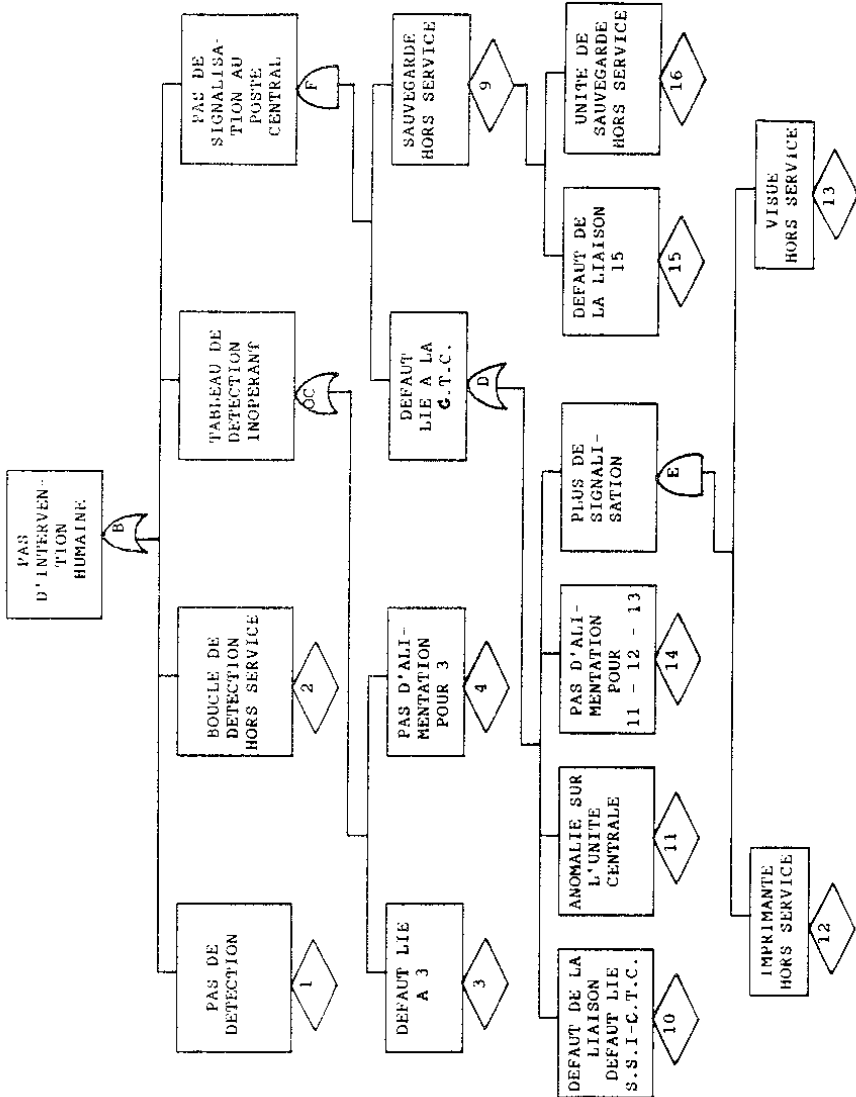


Figure 12

Les évaluations quantitatives sont données ci-après.

TEMPS (H)	PROBABILITE D'OCCURRENCE DE L'EVENEMENT B SANS REPARATION		
	SYSTEME CLASSIQUE	SYSTEME CENTRALISE	SYSTEME CENTRA- LISE AVEC SAUVEGARDE
10 E3	1.20 E-2	0.11	1.21 E-2
10 E4	0.11	0.80	0.12
10 E5	0.70	1	0.76
10 E6	1	/	1

**Tableau 10**

TEMPS (H)	PROBABILITE D'OCCURRENCE DE L'EVENEMENT B AVEC REPARATION		
	SYSTEME CLASSIQUE	SYSTEME CENTRALISE	SYSTEME CENTRA- LISE AVEC SAUVEGARDE
10 E3	2.66 E-4	2.68 E-3	2.66 E-4
Limite	2.66 E-4	2.68 E-3	2.66 E-4

**Tableau 11**

	FACTEUR D'IMPORTANCE DE NIVEAU 1 A 100 000 H		
	SYSTEME CLASSIQUE	SYSTEME CENTRA- LISE	SYSTEME CENTRA- LISE AVEC SAUVEGARDE
SANS REPARA- TION	Défaut lié à 3 : 0.9	Défaut lié à 11: 0.99	Défaut lié à 3 : 0.82
AVEC REPARA- TION	Défaut lié à 3 : 0.9	Défaut lié à 11: 0.89	Défaut lié à 3 : 0.90

**Tableau 12**

L'APPLICATION DE REGLES DE SAUVEGARDE PERMET DE MAINTENIR UN NIVEAU DE PERFORMANCE ADMISSIBLE A UN SYSTEME DE SECURITE ASSOCIE A UN SYSTEME DE GESTION CENTRALISEE. Elles permettent en effet de limiter les conséquences d'une panne en admettant par exemple de perdre l'optimisation des informations (de précision dans les localisations des événements, édition de consignes, ...).

#### 4 - CONCLUSIONS

L'association de la sécurité à la gestion centralisée, doit être faite en appliquant quelques règles de conception si l'on veut éviter que la qualité des systèmes de sécurité ne soit dégradée de façon inacceptable. En particulier, il faut appliquer :

- . DES REGLES DE COMPATIBILITE
- . DES REGLES D'INDEPENDANCE
- . DES REGLES DE SAUVEGARDE

L'application de ces règles permet :

- De garantir un niveau de performance optimum pour les systèmes de sécurité,
- De bénéficier de tous les aspects positifs du système centralisé,
- Et ainsi, de contribuer globalement à l'amélioration de la sécurité.

## BIBLIOGRAPHIE

- Reliability modeling of smoke detectors  
NBS-GCR-79-160
- Travail de recherche en sécurité des systèmes - Méthodologie d'analyse des risques incendie dans le bâtiment.  
LANASPEZ/PETIT  
UTC/GC 1979/1980
- Etude d'applicabilité de la sécurité des systèmes à l'évaluation des risques dus à l'incendie dans le bâtiment.  
J.F. GUYONNET  
GRADIENT TUTI 1979
- Sécurité des systèmes  
C. LIEVENS  
LEPADUES Editions
- Fiabilité et sécurité des systèmes logiques  
J.P. VAUTRIN  
INRS note n° 1160-9479
- Fiabilité des systèmes  
A. PAGES / M. GONDRAN  
EYROLLES Editeur
- Méthode d'approche systématique de la sûreté des systèmes : application à l'analyse de sûreté d'un bâtiment, développement du logiciel ARBRE.  
Thèse Doc-Ing  
J.P. JEANNETTE  
21 Déc. 84 - UTC
- Traitement automatique des arbres de défaillance  
N. LIMNOS et J.P. JEANNETTE  
Le Nouvel Automatismes  
Janv./Fev. 1985
- La maîtrise de l'incendie dans les bâtiments  
J.F. GUYONNET / PH. DETRICHE / J.C. LANORE / B. LAUWICK  
MALOINE éditeur 1983
- Un outil pour la saisie et l'exploitation des données de fiabilité et maintenabilité opérationnelles  
B.M. ABDALLAH / J.F. GUYONNET / Y. LEGAL / S. SEYS  
XI<sup>e</sup> Congrès International du Bâtiment  
19-23 Juin 1989.





Daniel Magnet  
INTERSYST, Männedorf, Suisse

## "Signalisation d'incendie comme partie de la Gestion Technique Centralisée (GTC)"

---

- 1) DEFINITIONS
- 2) Le MARCHE et la demande d'INTEGRATION
- 3) Une approche de MODELISATION
- 4) Espoirs et Nécessités

De plus en plus nombreux sont les bâtiments équipés de systèmes de Gestion Technique Centralisée, permettant une supervision constante de tous les éléments techniques de l'édifice. Corollairement à ce développement, souvent induit par celui des technologies, le besoin de synthétiser la connaissance de l'environnement, de façon plus générale, a pris le pas sur les traditions professionnelles, voire institutionnelles, rendant nécessaire l'intégration de disciplines fondamentalement différentes, telles que la Gestion de la Sécurité et celle des corps d'état techniques.

De fait, les difficultés d'intégration des habitudes professionnelles et institutionnelles, bien davantage que celles de la technique, ont constitué un frein au développement des systèmes de Gestion Technique intégrant totalement la signalisation d'incendie.

Le présent article tente de faire le point des difficultés, mais aussi des solutions viables, pouvant être proposées pour intégrer effectivement l'information et le confort d'exploitation demandés, dans un environnement qui ne se construise pas au détriment de la sécurité, mais qui, au contraire, mette à profit l'expérience accumulée par les différentes techniques, de façon à les renforcer l'une l'autre.

L'intégration doit véritablement correspondre à une "complexification" sans concessions réductrices ...

## 1. DEFINITIONS

Pour pouvoir décrire correctement notre expérience dans le domaine des systèmes du Bâtiment, il est nécessaire de donner au préalable notre interprétation des termes qui y sont couramment employés. Ces définitions ne prétendent pas, évidemment, à la valeur universelle; tout au plus me permettront-elles de mieux me faire comprendre dans la suite de ces propos.

Système : (Fig. 1)

Un système est un objet complexe, formé de composants distincts reliés entre eux par un certain nombre de relations. Ces composants sont considérés comme des sous-systèmes, ce qui signifie qu'ils entrent dans la même catégorie d'entités que les ensembles auxquels ils appartiennent. Un sous-système peut être décomposé, à son tour, en sous-systèmes d'ordre inférieur, ou être traité (au moins provisoirement) comme un système indécomposable, c'est-à-dire comme un système réduit à un seul élément. L'idée essentielle est que le système possède un degré de COMPLEXITE plus grand que ses parties, autrement dit qu'il possède des propriétés IRREDUCTIBLES à celles de ses composants. Cette irréductibilité doit être attribuée à la présence des RELATIONS qui UNISSENT les composants. On pourra donc parler, à ce propos, des "Relations STRUCTURANTES" du système ou de son "information STRUCTURE".

Dans un système tel qu'un système de GTC ou de Détection Incendie, ou, de façon plus générale, dans tout système de contrôle/commande et de surveillance, on distinguera l'information STRUCTURE de l'information CIRCULANTE:

- la première consiste en la logique inhérente au matériel, les programmes logiciels de traitement, les relations de communication entre "composants" et, enfin, les "images" virtuelles du processus contrôlé.

- la seconde se compose des informations "traversant" le (les) système(s) et généralement créées par des transitions entre des états du processus contrôlé (événements, alarmes dans le cas de la surveillance, perturbation en contrôle/régulation).

#### Système de Détection Incendie :

Appartenant à la famille des systèmes dits de Sécurité, le système de Détection Incendie se définit comme un sous-système permettant de donner à l'opérateur humain une indication fiable de la présomption d'un feu couvant ou déclaré, sa localisation, ainsi que, par association, des informations utiles à son traitement. Il peut également prendre en compte l'absence de réponse de l'opérateur humain pour avertir, "alarmer" des intervenants extérieurs (pompiers, par exemple). Enfin, en tant que système de Sécurité, on peut dire que son "information structure" est fermée totalement à l'opérateur, ce qui signifie que celui-ci ne peut pas, par maladresse, inadvertance ou volonté délibérée, influencer les programmes, les images, tout paramètre permettant la transformation de l'"information circulante".

En cette même qualité, il dispose d'une auto-régulation/surveillance de l'"information structure", ce qui revient à dire que le système traite également toute transition de son "information structure" comme une "information circulante", avisant ainsi l'opérateur humain de ce que l'information communiquée peut être "viciée" par un "défaut" du système. Le système sera réputé "disponible", c'est-à-dire qu'il permettra le traitement de l'"information circulante" en "temps réel".

#### Système de Gestion Technique Centralisée :

Un tel système présente généralement deux catégories de fonctions que résumant les termes:

- gérer = régir, conduire les installations techniques et
- centralisé = d'un point "central".

De fait, à l'origine, ces systèmes correspondaient très exactement à cette définition puisqu'ils "centralisaient" des états de l'installation technique (du bâtiment ou de la chaîne de fabrication) au niveau de l'opérateur humain, lui permettant d'agir sur le processus contrôlé, d'abord directement, puis, avec le progrès des techniques, de télécommander cette action au travers du même système d'information. Progressivement, la notion d'automatismes s'est mise en place, afin de réduire les temps de réaction du système et, surtout, ses coûts d'exploitation.

A son stade actuel, un système de GTC peut être décrit de la façon suivante: système de contrôle-commande, de gestion technico-économique, de surveillance, dans lequel:

- des sous-systèmes proches du processus contrôlé ont pour tâche d'automatiser et de surveiller, sans toutefois nécessairement transmettre toute l'"information circulante" au niveau supérieur, d'élaborer une "information circulante" de synthèse, ainsi que celle propre aux transitions/perturbations non contrôlables à ce "niveau".
- un système "central" proche de l'humain, ou du système administratif du bâtiment, va agir à la fois en:
  - transmetteur/complexificateur de l'"information circulante" (enrichissement de l'information événement par association/calcul)
  - régulateur/contrôleur de niveau supérieur (macro-automatismes)
  - gestionnaire de l'information-structure des sous-systèmes, et, dans une certaine mesure, de la sienne propre.

Intégration d'un système de Détection Incendie au système de GTC :

Intégration: assimilation/incorporation de nouveaux éléments à un système...

S'agissant d'un système de GTC moderne, tel que décrit précédemment, l'intégration vise à lui attacher, de façon interdépendante, du STRICT point de vue de l'"information circulante", un sous-système d'Incendie. En respectant les contraintes de fermeture de l'"information structure" de celui-ci, et l'autonomie de ses réactions propres, on lui permet une diffusion homogène et, surtout, "filtrée" en fonction de son importance, de l'"information circulante" tant événementielle que d'état, transmise à/de l'opérateur humain. De cette manière, on lui accorde aussi la possibilité d'établir des automatismes fins de réactions, en cas de présomption/confirmation de feu sur les divers équipements techniques, contrôlés par les sous-systèmes de la GTC.

## **2. Le MARCHE et la demande d'INTEGRATION**

Nous allons tenter, dans ce chapitre, de procéder à une synthèse des résultats de différentes études: travaux "multi-clients" effectués par des bureaux extérieurs ainsi que nos propres évaluations basées sur la spécification d'une centaine de Projets Intégrés à travers l'Europe.

### **2.1 Le Marché :**

Il convient de préciser, tout d'abord, que la demande d'"intégration de systèmes" est indissociable de la notion de "Bâtiment Intelligent", puisque les demandeurs de l'un sont, le plus souvent, les demandeurs de l'autre.

En tenant compte, sans entrer dans le détail des nombreuses études menées, à ce sujet, par des organisations diverses (telles que Frost & Sullivan, Proplan, Bipe, M2s...) en Europe, aux Etats-Unis et au Japon, ainsi que des séminaires "High-Tech Buildings" dont le succès va croissant, on peut dégager, concernant le "Bâtiment Intelligent", quelques caractéristiques dignes d'intérêt:

- Grande confusion tant au niveau des "acteurs" (investisseurs, conseils, entreprises,...) que des prescripteurs institutionnels, au moins au niveau européen. Quant aux U.S.A, il semble, que l'appellation "Intelligent Buildings", ait été surtout un moyen pour les spéculateurs en difficultés, de mieux vendre leurs immeubles de bureaux, dans un marché où la demande se faisait rare ...
  
- On admet généralement que, par "Intelligence du Bâtiment", on vise avant tout à la FLEXIBILITE, à l'ADAPTABILITE de ce dernier. Certaines statistiques font état de changements profonds dans l'occupation d'un bâtiment de bureaux (généralant, de ce fait, des modifications techniques) au moins une fois tous les 6 mois !!!
  
- Le "Bâtiment Intelligent" s'adresse bien plus à l'occupant qu'au promoteur, causant à ce dernier des surcoûts de l'ordre de 5 à 10 % du prix de revient total de la construction. Par contre, il permet au premier de substantielles économies d'exploitation, lorsque/si le couple exploitant-bâtiment est en "résonance" (plusieurs années après la construction). En d'autres termes, les "Bâtiments Intelligents" sont avant tout des bâtiments intelligemment gérés, depuis leur conception jusqu'à leur exploitation...
  
- Le promoteur d'un tel bâtiment attend généralement une réponse globale, unique, d'un partenaire "Systèmes" agissant en maître d'oeuvre de la haute technologie. Pour satisfaire à la demande, ce dernier doit être à même de fournir des systèmes
  - communicants et flexibles
  - ouverts
  - simples à maintenir et à exploiter; en un mot: conviviaux
  - évolutifs, c'est-à-dire compatibles et expansibles.
  - économiques à l'investissement

- L'exploitant, quant à lui, est attaché plus spécialement à la rentabilité de l'exploitation des systèmes eux-mêmes (qualification accrue associée à une réduction du nombre des postes de travail; intégration des disciplines; plus grande communication) et aux économies réalisées par une meilleure gestion de l'immeuble, grâce aux systèmes de GTC, tant pour les énergies que pour la maintenance.

## **2.2 La demande d'INTEGRATION de systèmes :**

Les informations données ci-après sont issues de l'analyse des spécifications "Bâtiment Intelligent" pour une centaine de Projets d'Intégration dans lesquels soit la Détection Incendie, soit -de façon plus générale- les systèmes de Sécurité devaient être "couplés" à des systèmes de Gestion Technique. Les résultats de cette étude peuvent se classer en deux catégories distinctes (bien que la seconde soit un sous-ensemble de la première):

- les fonctionnalités demandées au système (principalement vis-à-vis de l'opérateur)
- les interactions automatiques requises entre les différentes disciplines contrôlées.

### **2.2.1 Fonctionnalités :**

On trouvera, dans la figure 2 jointe, une partie du résultat de la compilation des demandes.

La première, par ordre d'importance, soit 90 % des cas, concerne l'interface opérateur: on souhaite la possibilité d'exploiter, à partir d'un terminal donné, toutes les informations du bâtiment ou d'une zone de celui-ci, avec les mêmes outils et les mêmes personnes (opérateur des événements et des alarmes de toutes natures; opérateur de maintenance du process surveillé et du système lui-même...).

Dans **83 % des cas**, la spécification d'une interface opérateur est comprise comme la nécessité de disposer d'un système central multi-tâches et multi-utilisateurs.

Les autres demandes concernent:

- dans **78 % des cas**, intégré à d'autres, un système de Détection Incendie, pour lequel l'opérateur doit être capable, depuis son terminal "intégré", de:
  - acquitter une alarme
  - réarmer après alarme
  - autoriser/invalider des réactions automatiques
  - mettre En/Hors une zone de détection
  - enregistrer toutes les opérations réalisées.
  
- dans **75 % des cas**, intégré à d'autres, un système de gestion/surveillance des installations de Confort Climatique pour lequel l'opérateur doit être à même, depuis son terminal, de:
  - gérer les alarmes
  - gérer les exceptions (modifier/invalider)
  - procéder aux télécommandes (directes ou de programmes)
  - gérer les énergies et la maintenance.
  
- dans **66 % des cas**, un système de gestion des éclairages, avec des fonctionnalités comparables à celles citées précédemment pour le Confort Climatique.
  
- dans **62 % des cas**, un système de détection/protection d'Intrusion, dont les possibilités pour l'opérateur sont semblables à celles de la Détection Incendie.
  
- dans **62 % des cas**, un système de gestion de la Distribution/production d'électricité dans l'immeuble. Ici encore, les moyens donnés à l'opérateur s'apparentent à ceux du Confort Climatique.



- La demande de communication vers des systèmes de Gestion de "niveau supérieur" et, en général, vers les systèmes de Gestion Administrative et les réseaux de communication multi-services, atteint, quant à elle, un score significatif de 60 %.
- Enfin, dans 70 % des cas étudiés, on demande la possibilité de faire interagir automatiquement les sous-systèmes intégrés.

### 2.2.2 Les Interactions : (Fig. 3)

Lors de l'analyse des différents projets proposés, nous avons constaté une très grande constance dans la demande de réactions automatisées entre différents corps d'état. La plupart d'entre elles correspondent à des besoins très anciens, le plus souvent satisfaits, jusque-là, par des solutions câblées fixes. Mais le développement du " Bâtiment Intelligent", c'est-à-dire du bâtiment FLEXIBLE, contraint à rechercher des solutions plus efficaces que celles qui consistent à recâbler des zones entières d'une construction, pour permettre des interactions entre des systèmes qui deviennent, individuellement, flexibles par reprogrammation ou, simplement, par modification des paramètres de leur configuration.

Voici le classement des demandes selon le pourcentage des cas enregistrés. Nous ne citerons que les interactions liées soit à la détection d'incendie, soit à la GTC, dans les cas de feu:

#### - Incendie vers Confort Climatique: 90 % des demandes.

En cas d'alarme incendie confirmée, il s'avère nécessaire de couper la ventilation des zones touchées, afin d'essayer de contenir le feu par réduction d'apport d'oxygène.

Cette demande, très ancienne, est sujette -dans la plupart des pays européens- à des réglementations très strictes, et suppose des mécanismes d'exécution extrêmement simples et fiables. Raison pour laquelle une telle interaction est résolue au niveau le plus bas des systèmes, par une connexion électrique entre la sous-centrale de Détection Incendie et les différents actionneurs des clapets/volets

coupe-feu, quand il ne s'agit pas simplement de clapets équipés de "fusibles" thermiques, sensibles à la température de l'air dans la gaine à fermer.

En fait, les demandes d'"intégration" à ce niveau sont souvent beaucoup plus exigeantes quant à la fonctionnalité requise. Elles ont en commun le fait que la "prescription" est considérée comme le mode "dégradé", c'est-à-dire le mode de secours, si/lorsque le système n'est plus capable d'opérer normalement.

En premier lieu, il convient de citer les cas dans lesquels il est demandé une pressurisation dynamique "englobant" les zones considérées en alarme incendie, et ce, non plus en cas de confirmation d'alarme par l'homme, mais dès la première alarme ou sa confirmation par un second détecteur. Une telle mesure, très locale, est à la fois sûre (parce qu'elle permet de gagner du temps) et économique (parce qu'elle met en oeuvre des zones réduites, utilisant les dispositifs mis en place pour le confort climatique et situés à l'intérieur des zones coupe-feu). De telles interactions mettent à contribution l'ensemble des sous-systèmes de Confort Climatique et doivent impérativement permettre une action dégradée (prescrite) au niveau de la zone coupe-feu, au moment où ces mesures de contention "fines", associées aux interventions d'extinction, ne suffisent plus à contenir l'incendie, ou, de façon plus générale, lors de l'arrivée des pompiers.

Une autre demande consiste à informer simplement les sous-systèmes de Confort Climatique du "by-pass" de leurs commandes. De mettre ainsi, par des automatismes locaux, l'installation en mode "arrêt normal" plutôt qu'en "défaut d'exécution", évitant ainsi de générer des cascades d'alarmes et, plus importants, des défauts de l'ensemble des systèmes de climatisation, difficiles et coûteux à récupérer (envisageable dans le cas seulement d'une fausse alarme ou d'un début d'incendie facilement maîtrisé).

- **Incendie vers système de détection d'Intrusion: 88 %  
des demandes.**

Dans la plupart des projets analysés, les postes "Alarmes" étaient intégrés, c'est-à-dire que l'opérateur de garde devait assurer, à la

fois, la surveillance incendie, intrusion, et -le plus souvent- les alarmes techniques d'origines diverses. Dans de telles configurations, il est nécessaire, en cas d'incendie déclaré (ou confirmé), d'établir un chemin d'évacuation en libérant les zones de détection d'intrusion traversées, afin de ne pas créer d'alarmes de haute priorité inutiles, et de ne pas accentuer la confusion de l'opérateur, déjà vraisemblablement sous stress ! La mise en place effective de la procédure peut se faire, soit avec confirmation de l'opérateur et effacement de toutes les alarmes intrusion subséquentes, sur le parcours d'évacuation; soit, en l'absence de confirmation, en réduisant automatiquement le niveau de priorité de ces alarmes.

Dans tous les cas, il s'avère nécessaire de remettre automatiquement en service les zones d'intrusion, au cas où la zone de détection incendie est réarmée par l'opérateur (cas des fausses alarmes).

**- Incendie vers portes: 81 % des demandes.**

Complément de la fermeture des portes coupe-feu commandées directement par les sous-centrales de Détection Incendie, libération des portes (non coupe-feu) sous surveillance du système Intrusion. Ainsi, les portes sous contrôle d'accès avec libération de gâche, celles des sorties de secours pour lesquelles l'alarme acoustique locale est désactivée.

**- Incendie vers Contrôle d'Accès: 80 % des demandes.**

En cas d'alarme incendie dans un immeuble où existent des zones de haute sécurité, affichage automatique, au poste opérateur, de la liste nominative des personnes se trouvant à l'intérieur des zones protégées par un contrôle d'accès à sas entrée/sortie.

**- Incendie vers distribution électrique: 24 % des demandes.**

Si le feu se déclare dans une zone technique (ou un lieu pouvant toucher une telle zone), coupure automatique de la distribution électrique "Force" des conducteurs principaux, pour éviter le renforcement du feu par carbonisation de l'isolant et amorçage "résistant". En effet, dans des conducteurs principaux, un court-circuit non franc peut ne pas faire disjoncter l'organe de protection amont et renforcer un feu couvant (ou en être à l'origine). Dans de telles interactions, le système doit pouvoir agir au niveau de la distribution de secours et gérer, de manière intelligente, toute la distribution de l'immeuble, avant de couper les conducteurs à risque potentiel.

**- Incendie vers éclairage: 24 % des demandes.**

En addition aux pratiques de commande des éclairages de secours sur boîtiers autonomes, commande sélective d'éclairage des parcours d'évacuation pour en faciliter le repérage. Cette disposition est, de toute évidence, étroitement liée à l'interaction "Incendie vers distribution d'électricité".

**- Incendie vers système de vidéo interne: 24 % des demandes.**

Commutation/réglage automatiques des caméras du circuit de vidéo interne dans les zones couvertes où une alarme incendie a été identifiée, ainsi que dans les zones d'évacuation.

**- Incendie vers systèmes d'évacuation audiophoniques / lumineux / vidéo: 20 % des demandes.**

Commutation des systèmes d'aide à l'évacuation, et asservissement de ceux-ci en fonction de la propagation de l'incendie.

L'ensemble des réactions automatiques citées agissent, bien entendu, en complément des réactions de mode dégradé qu'elles précèdent, mais aussi de nombreux automatismes propres à chaque discipline, qu'elles doivent pouvoir inhiber ou asservir, suivant les cas.

### **3. Une approche de MODELISATION**

Partant des éléments cités, nous allons bâtir à présent les prémices d'un système d'Information du Bâtiment qui permette à la fois d'"intégrer" l'"information circulante" d'un système de Sécurité Incendie, sans pour autant en dégrader les attributs (son "information-structure"), et celle d'un système de Gestion Technique. Pour cela, il est nécessaire d'en définir, en premier lieu, l'élément humain.

#### **3.1 Les Intervenants dans un système Intégré**

peuvent être répartis en quatre grandes catégories:

- Les Investisseurs du bâtiment et leurs Conseils,...
- Les Occupants du bâtiment
- Les Exploitants du bâtiment, de ses systèmes,... (Ils peuvent constituer une sous-classe des Occupants.)
- Les Fournisseurs: Entreprises diverses, Conseils liés à la construction,...

Pour des raisons de clarté, et bien que cette démarche soit incorrecte, dans la mesure où elle ne tient pas compte des éléments économiques/relationnels déterminant le choix de la solution technique (attachés aux première et dernière catégories), nous allons restreindre cette approche à la troisième catégorie d'intervenants: les exploitants du bâtiment.

Ils sont, le plus souvent, directement liés aux occupants: soit qu'ils en constituent une division fonctionnelle; soit que, externes au bâtiment, ils y travaillent sous contrat. Les cas sont plus rares où l'exploitant est au service d'un investisseur non occupant.

A examiner les "rôles" que prennent les OPERATEURS, au fil des années, dans un bâtiment donné, on est surpris de constater que la définition "administrative" du poste ne correspond plus exactement à celle, imposée, souhaitée, obtenue,... par la réalité quotidienne.

Il convient d'en rapprocher les effets de ceux, prédits et constatés par les spécialistes de l'impact de l'informatisation/automatisation sur la Division du Travail, pour lesquels la notion de "parcellisation" des tâches (au sens de: fragmentation du travail par rapport aux ressources humaines et matérielles, et non comme entités réduites cohérentes) disparaîtrait au profit d'une "distribution mobile de fonctions intégrées".

Dans la pratique, après un certain temps d'exploitation, on trouve des "opérateurs" (le mot est utilisé, ici, dans son sens le plus large) multidisciplinaires, exerçant leur activité dans des domaines d'"opération" plus étendus que par le passé. Ce sont:

- Les Opérateurs d'"EVENEMENTS": (Fig. 4)

qui, dans leur domaine de travail, sont chargés de la surveillance des événements, de la discrimination des priorités, et de l'initiation (éventuellement, de la conduite) de l'intervention subséquente.

A cette catégorie appartiennent: le personnel de veille de la sécurité Incendie et Intrusion, celui qui gère les "alarmes techniques", et, dans certains cas, le personnel en mesure d'établir un premier niveau de diagnostic technique.

En règle générale, ils sont appelés à gérer les EXCEPTIONS. Cette dernière activité constitue la plus grande partie du quotidien: ouverture et fermeture de zones; modification conjoncturelle des paramètres du confort d'une zone donnée; etc...

Le temps de réponse du "système" formé par ces opérateurs et les outils électroniques/informatiques qui leur sont associés, est compris entre quelques dizaines de secondes et plusieurs heures. Et ce, dans toutes les disciplines surveillées.

Ces opérateurs ne devraient avoir accès qu'à l'"information circulante" du "système" qu'ils constituent, afin d'en garantir la

stabilité. Les "exceptions" citées précédemment représentent, dans une certaine mesure, une violation couramment "acceptée" des règles de sécurité, posant de sérieux problèmes aux concepteurs ...

#### - Les Opérateurs d'"ETATS"

se différencient des précédents, principalement par le temps de réponse du "système" qu'ils composent avec leurs outils électroniques/informatiques: de plusieurs heures à plusieurs années. Dans cette catégorie figurent les opérateurs des services techniques appelés à MODIFIER ou à MAINTENIR l'"information structure" du système (au sens du système constitué par l'ensemble des capteurs/décideurs/effecteurs: matériels, logiciels et/ou humains, dans la discipline considérée).

Leurs outils d'élection sont:

- gestionnaires de Base de données
- programmes de calcul/extrapolation statistiques
- modélisations
- programmes et applications de maintenance
- programmes de modification (développement du système)
- ...

### 3.2 Les systèmes électroniques/informatiques d'assistance ou de réaction : (Fig.5)

Dédiés par discipline, ils ont constamment évolué vers un plus grand confort d'exploitation, une plus grande souplesse d'adaptation, une plus grande fiabilité logicielle et matérielle. Tant et si bien qu'à ce jour, les produits "dédiés", proposés sur le marché, présentent, pour la plupart, des solutions comparables et sûres dans leur domaine d'application précis. Il en va, hélas, tout autrement pour des "produits intégrés". En effet, ceux-ci n'ont jamais été associés, jusque-là, à un "grand" marché, clairement INDIVIDUALISE. Ils n'ont, par conséquent, pu générer l'expérience multiple et renouvelée, garante de qualité.

Dans la plupart des cas, un système intégré est constitué par la juxtaposition plus ou moins "heureuse" de systèmes de Détection Incendie et Intrusion, de systèmes de GTC, de systèmes de Contrôle d'Accès et, enfin, de systèmes de Gestion Administrative, "pensés" différemment, avec un seul dénominateur commun: l'"information circulante" le plus souvent réduite à sa plus simple expression.

Dans le cas le plus fréquent, un système de GTC va "importer" une information d'un système de Détection Incendie, réduite aux éléments suivants:

- type d'alarme
- nature ou code descripteur
- localisation

Il va, ensuite, associer ce message élémentaire à une base de données propre, régie par ses outils. On en justifiera la relative insécurité par le fait qu'il s'agit d'une machine additionnelle PERMETTANT LE CONFORT d'exploitation, c'est-à-dire qu'en cas de défaut du système supérieur, il sera toujours possible d'accéder à l'information produite directement par le sous-système de Détection Incendie autonome (sic).

### 3.3 Eléments du Modèle : (Fig. 6)

En regard de ce qui précède, et sans tenir compte, à ce niveau, d'impératifs économiques autres que la demande formulée, les éléments de définition du MODELE d' INTEGRATION des différentes disciplines gérées dans le Bâtiment pourraient être les suivants:

- INVIOUABILITE de la STRUCTURE liée aux EVENEMENTS.

Nécessité première: préserver l'"information structure" des systèmes de Sécurité, mais aussi de toute la chaîne concourant à la diffusion/présentation de l'"information-circulante" aux opérateurs d'EVENEMENTS. La fiabilité et la disponibilité de l'ensemble dépendent de la priorité attachée à l'élément d'"information-circulante". Solution possible, sans surcoût considérable, pour les



applications de GTC comme pour celles dites de sécurité, elle impose de créer une "machine à événements" dans laquelle l'image "informatique" du bâtiment est unique, pour les applications et les disciplines. Cette machine doit être équipée d'un contrôleur de l'"information-structure" tel que toute altération, volontaire ou accidentelle, soit à son tour vue sous la forme d'un événement.

Par exemple: la duplication d'une image de sécurité, couramment opérée par les "intégrateurs", ne peut pas être acceptable sans un dispositif de contrôle. En effet, le danger le plus grand d'un tel système n'est pas l'absence d'information, mais bien plus son altération, souvent à peine visible au moment de l'événement, mais aux conséquences parfois catastrophiques.

Cette fiction, inspirée d'un fait réel, en témoigne: Opérateur habitué à son terminal "intégré", Mr X. y reçoit une alarme Feu dans la zone A. Il procède à un acquittement et envoie, de toute urgence, un garde vérifier l'état des lieux en A. Ce dernier, après contrôle, constate qu'il n'y a aucun feu. Il en informe X. qui, convaincu qu'il s'agit d'une fausse alarme, se rend à la centrale de Détection Incendie afin de "réarmer" la zone. Il constate alors EN LOCAL que l'information Feu ne concerne pas la zone A comme l'affichait son terminal, mais la zone B !... Avec la panique, les retards d'interventions, le cinéma (zone B) a complètement brûlé, ne causant aucune victime, fort heureusement, l'incident s'étant produit en dehors des heures de projection ...

#### - SELECTIVITE de L'INFORMATION.

La "machine à événements" va constituer, avec chaque opérateur, un système cohérent et distinct, dont l'"information-structure" sera protégée : chaque opérateur disposera d'une machine-événement virtuelle particulière, propre à son application (c'est-à-dire à son domaine de compétences), dont la structure obéira au premier point cité. Dans chaque machine virtuelle, une sélection par priorités permettra un traitement événementiel "parcellaire" (La machine accomplira la "parcellisation" pendant que l'opérateur humain "coordonnera" et "superviserà"). Dès lors, il est possible à un

opérateur d'événements, ASSISTE par la machine, de traiter des tâches plus générales liées aux "alarmes" de TOUTES natures, sans pour autant risquer, en cas d'incendie, une réaction inadéquate. Il s'agirait, pour lui, d'une tâche DE MEME NATURE que celle traitée heure après heure, avec pour différence essentielle: LE NIVEAU de PRIORITE.

- UNICITE de l'interface homme-machine.

Les opérateurs devront disposer d'un interface de visualisation et de commande ADAPTE à leur niveau de compétences, mais dont la structure et les modes opératoires sont communs, quels que soient les disciplines ET LES NIVEAUX d'intervention.

- FLEXIBILITE de la STRUCTURE sous CONTROLE

afin de permettre AISEMENT toute modification de l'"information structure": changements de paramètres, de configuration, des programmes, des applications, de l'architecture, etc... Il va être nécessaire d'intégrer un mécanisme de contrôle permettant d'en assurer la cohérence par rapport aux "machines-virtuelles opérateurs", ainsi qu'au processus contrôlé. Flexibilité et Sécurité, antinomiques en apparence, seront maintenues par une stricte protection des accès dont disposent les opérateurs d'ETATS. Ici encore, chacun de ces derniers se verra attribuer une "machine-état" virtuelle, spécifique à ses compétences/responsabilités.

- AUTOMATISATION.

Ses outils, propres à chaque discipline/marque/système, devront être revus pour permettre des interactions rapides et directes entre les différents sous-systèmes connectés. La structure de leurs "moniteurs" devra être contrôlée en permanence par un dispositif approprié.

En particulier, il ne devrait pas être possible de créer d'interactions automatiques aboutissant au sous-système de Détection Incendie, en dehors de celles visant à rétablir une situation "d'exception" commandée par un opérateur.

- REDONDANCE sélective de la structure.

Le contrôleur de l'"information structure" permettra de maintenir une "information circulante" d'un niveau donné, dans des cas d'altération partielle de la structure.

Par exemple: maintien des alarmes de haute priorité dans tous les cas; gestion "dégradée" des interactions automatiques multi-disciplinaires, en cas d'indisponibilité d'un "composant"; mais aussi, relaying automatique de l'"information circulante" en cas d'"indisponibilité" de l'opérateur...

- COMMUNICABILITE.

Chaque "machine-virtuelle" créée devra permettre l'établissement de communications OUVERTES, de nature telle, qu'elles ne pourront compromettre l'"information structure" propre à chacune d'elles. Seul, un "contrôleur" indépendant permettra de le garantir.

Associés à ces éléments de base, de nombreuses "qualités" pourront être ajoutées, en fonction du marché, des habitudes, des crédits...

Il conviendrait que ces quelques critères amènent les "intégréteurs-par-association-momentanée" à revoir leurs concepts et, à défaut de vouloir créer un véritable "produit intégré", ils feraient bien mieux d'intégrer la GTC comme composant d'un système de Détection Incendie, plutôt que l'inverse, comme cela se fait, malheureusement bien trop souvent encore, de nos jours !...

Quant aux autres, qu'ils s'attendent à devoir marier le "meilleur" d'un système de sécurité -pour le traitement des événements-, aux plus "riches" fonctionnalités d'un système de GTC -pour celui des états-, dans un environnement où l'hostilité des prescripteurs ne le cédera en rien à la superficialité des appréciations du marché.

#### 4) Espoirs et Nécessités

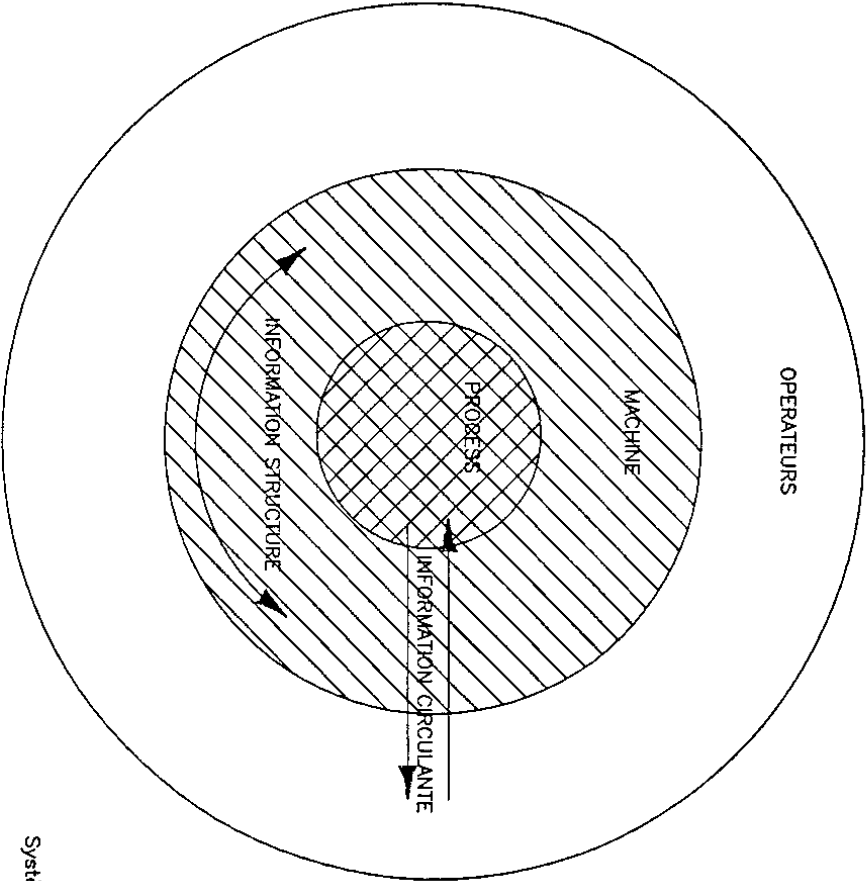
L'intégration des systèmes de surveillance et de gestion du Bâtiment se connaît autant de détracteurs que de défenseurs. Il est, du reste, souvent difficile de pouvoir juger de la validité des arguments présentés soit par les uns, soit par les autres, tant ceux-ci paraissent corrects lorsque appréciés dans leurs domaines respectifs. Sous-produit d'une évolution concomitante des technologies, mais aussi des aspirations justifiées des "opérateurs" à élargir le spectre de leurs "compétences", cette "intégration" recouvre un domaine d'une très grande complexité. Celle-ci peut s'expliquer par le fait qu'elle s'insinue comme une démarche "horizontale" dans des structures (financières, commerciales, techniques, institutionnelles, voire sociales) dont l'évolution n'a été, jusqu'à présent, que "verticale".

A l'aube de 1992, alors que, partout, l'on parle de "standardisation", que l'on voit émerger de multiples projets de "Bus" de communication "dédiés", que l'on demande de plus en plus d'"ouvertures", ne serait-il pas temps d'abandonner les vieilles querelles à propos de l'"intégration" et de sa raison d'être ? D'en prévoir, bien plutôt, une "norme", à la manière de celles existant pour les systèmes de Sécurité, mais "repensées" ? Afin d'éviter que, poussés par la demande, les constructeurs ne soient contraints au choix déontologique:

- . fournir des solutions lucratives qui, bien que belles et attractives, n'en constituent pas moins de véritables "pièges" potentiels pour l'occupant du bâtiment...
- . ou investir des sommes considérables sans l'espoir d'être payés de retour ?!...

**Références:**

- |                                                                                                 |                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| J. Ladrière                                                                                     | Cybernétique, Epistémologie des Systèmes in Encyclopaedia Universalis 1973             |
| H. Laborit                                                                                      | L'inhibition de l'action, 2 ed. 1985, Masson                                           |
| P. Naville                                                                                      | Nouvelle division du Travail in E.U. 1973 et diverses publications                     |
| High-Tech Buildings                                                                             | Proceedings of conferences 1986, 1987, 1988 (London, New York)<br>On line Publications |
| Le Marché du Bâtiment Intelligent destiné au secteur tertiaire.                                 | M2S pour FIEE Paris 1989                                                               |
| Electronic Energy Management Systems in Buildings. The European Market 1985 - 1990              | Proplan 1986                                                                           |
| Sécurité Gestion Technique et Contrôle d'Accès automatisé: le Marché Européen à l'horizon 1990. | BIPE 1986                                                                              |
| Building Management Systems In Europe                                                           | Frost & Sullivan 1989                                                                  |



Système d'information du bâtiment  
Fig. 1

# FONCTIONNALITÉS

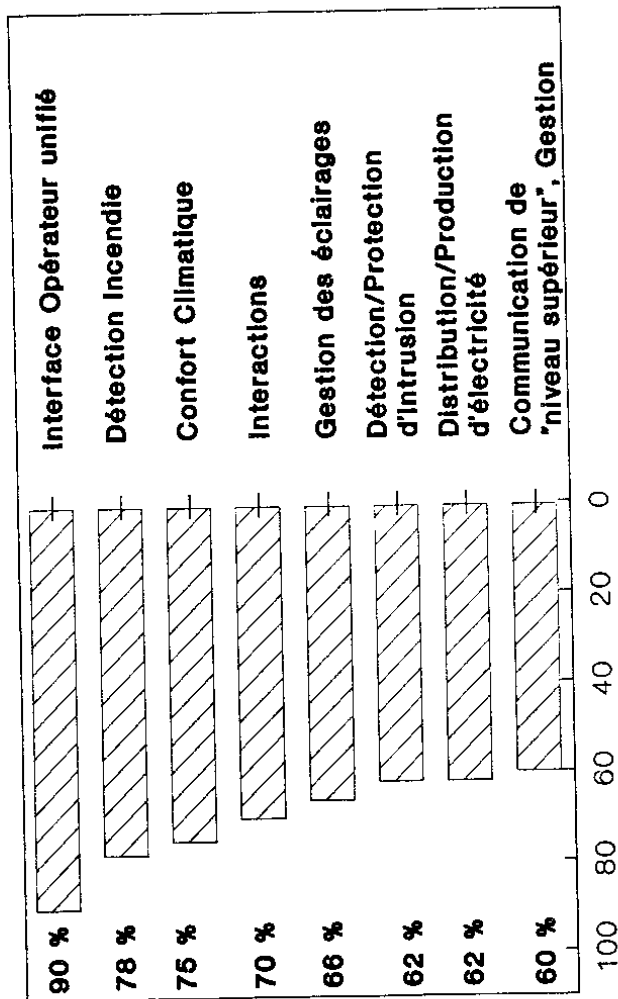


Fig. 2

# INTERACTIONS

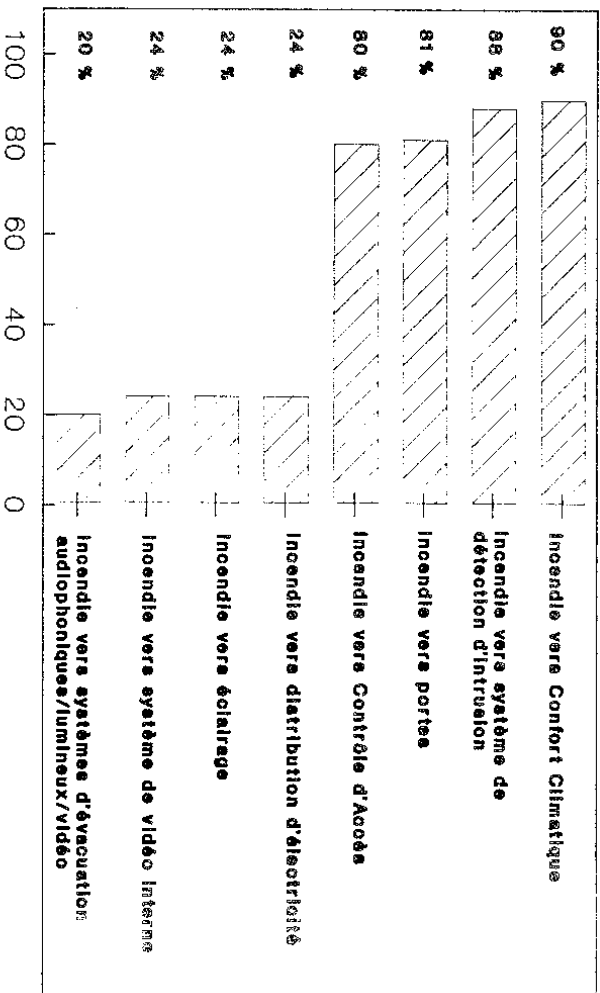
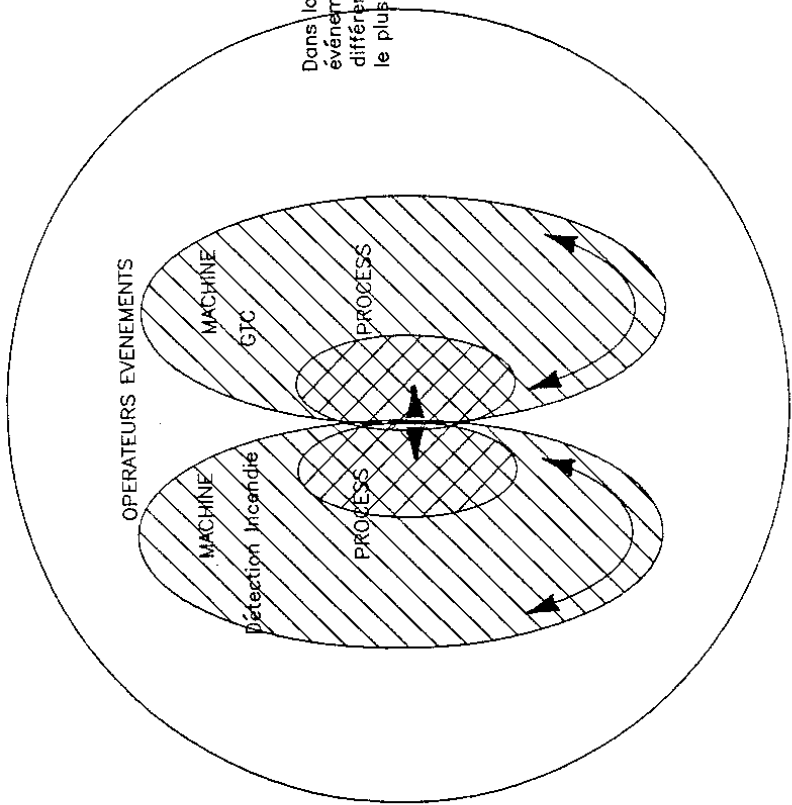
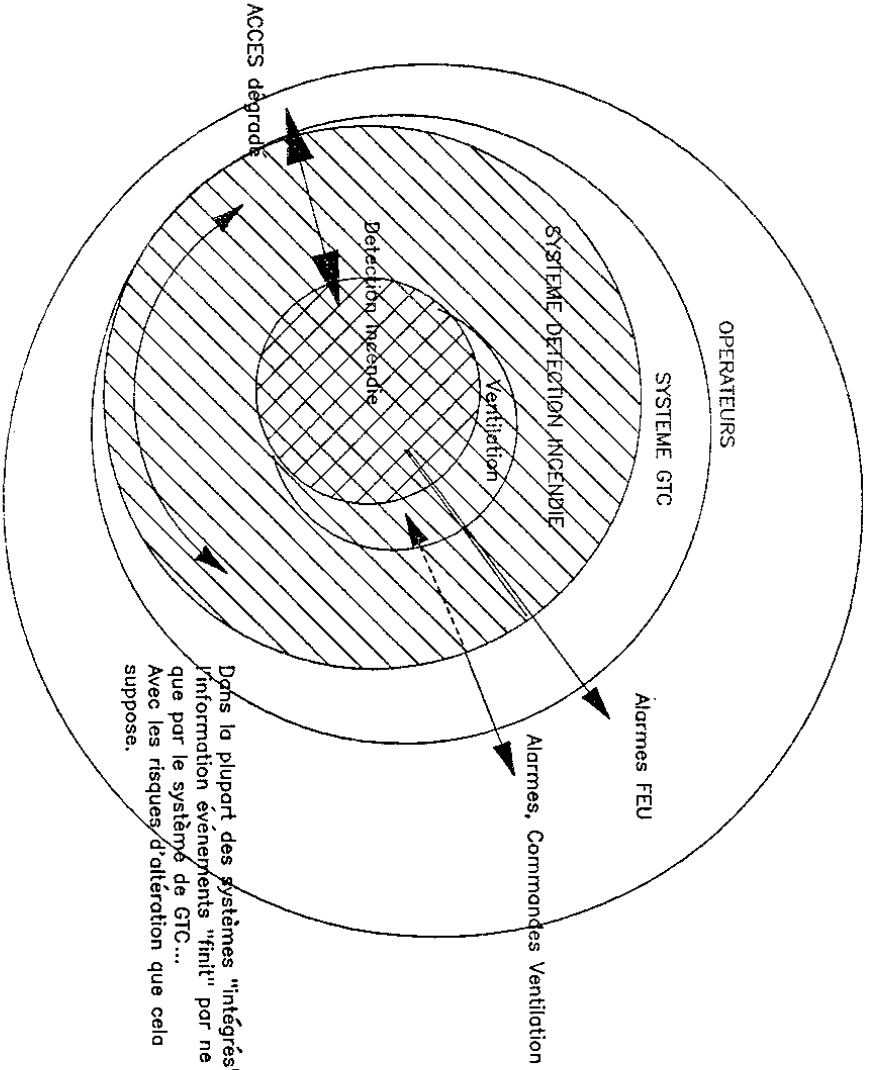


Fig. 9

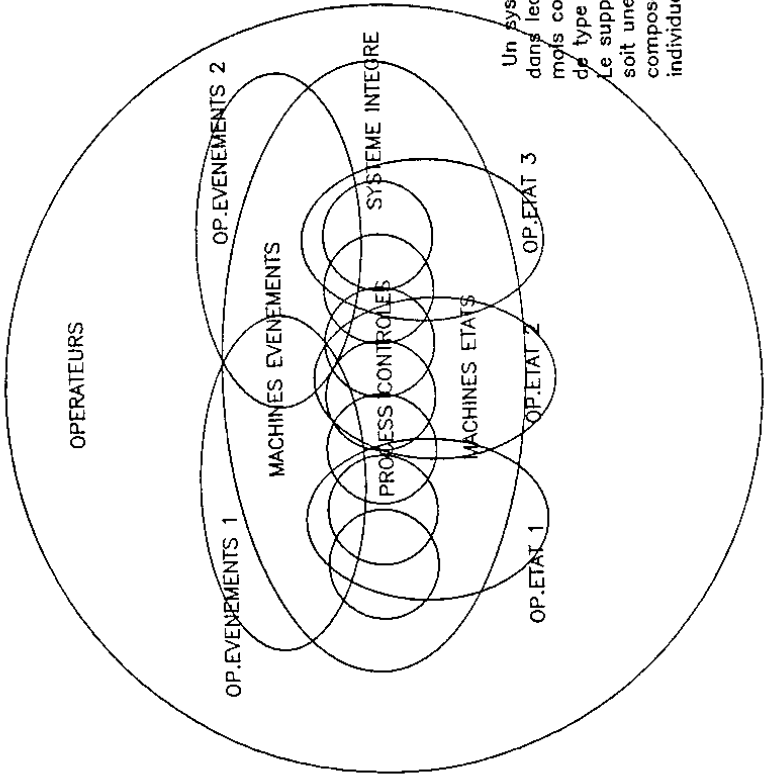




Dans la réalité, les mêmes opérateurs événements s'occupent de systèmes différents, contrôlant un process le plus souvent interactif. ex: FEU-VENTIL.



Système d'information du bâtiment  
Fig. 5



Un système intégré théoriquement idéal dans lequel, de multiples machines virtuelles mais cohérentes, se répartissent des tâches de type "événements" et de type "états". Le support physique de la machine peut être soit une machine unique, soit un système composé de nombreuses machines individuelles reliées...

Fig. 6



**F. Khiabani-A.**

**Landis & Gyr GmbH, Köln, Bundesrepublik Deutschland**

## **INTEGRIERTE GEBÄUDEAUTOMATION/ INTELLIGENTE GEBÄUDE**

Es ist keine Übertreibung, wenn wir sagen, daß der Mensch in allen Bereichen der Automation bemüht ist, bewußt oder unbewußt, für die technische Realisierung der "Zentralen Intelligenz", sein eigenes Gehirn als Vorbild zu nehmen.

Dies ist jedoch trotz immensen technischen Fortschritts erst ansatzweise gelungen. Wir alle wissen, daß das Gehirn kein Monosystem darstellt, sondern flexibel anpaßbar ist und aus mehreren Teilbereichen besteht, die sich aber in einer phänomenal harmonischen Einheit nach außen präsentieren.

Was bedeutet diese Konzeption für den Bereich des Gebäudes?

Architekten bemühen sich immer schon darum, aus den starren vier Wänden mit einem Dach ein funktionales Gebäude zu machen. Es ist heute kein Problem, aus einem Großraumbüro ein Kleinraumbüro abzuleiten, oder sogar ein Büro zu einem Labor so umzufunktionieren, daß es allen Vorschriften Rechnung trägt.

Ebenso wie Architekten haben sich immer mehr Hersteller technischer Gebäudeausrüstung bemüht, die notwendigen Systeme am Bau zu verbessern und flexibler zu gestalten.

Meß- und Regelungstechnik, zentrale Leittechnik, digitale Regelung (DDC), Brandmeldetechnik, Zugangskontrolltechnik oder Einbruchmelde- und Überwachungstechnik, die vor wenigen Jahren noch als Luxus galten, sind heute Standards. Alle diese "Standards" arbeiten jedoch heute oftmals nebeneinander oder sogar bei falscher Konzipierung (unter/überdimensioniert etc.) gemeinsam gegen die kostbare Amortisationszeit.

## Was bleibt also als Resümee?

Rational konzipiert, ihrer "Natur" entsprechend getrennt hergestellte und installierte Systeme müssen mit einem hohen Maße an menschlicher Kreativität miteinander verknüpft werden.

Die folgenden praktischen Beispiele sollen zeigen, was wir damit meinen:

Wenn das Brandmeldesystem "sagt", im Bereich X ist Rauch detektiert worden, so muß das ZLT/DDC-System im Bereich X konsekutiv die Zuluftventilatoren ausschalten und/oder bestimmte Luftklappen oder Rauchklappen betätigen. Das Zugangskontrollsystem meldet insgesamt einhundertundsiebzig Menschen, die das Gebäude betreten haben. Folgerichtig sollte die Heizungsanlage über die DDC-Anlage den Wärmewert eines Menschen 170 mal vom Gesamtheizbedarf abziehen, es können also 17 KW gespart werden.

Sollte ein Brand ausbrechen, so erfahren die Rettungsmannschaften, wie viele Personen in welchem Bereich in Gefahr sind...

Diese Beispiele zeigen, wie wichtig der Informationsaustausch innerhalb der einzelnen Steuer- und Überwachungssystemen ist.

Die Realität sieht jedoch anders aus. Verschiedene zweckgebundene Automationssysteme sind als individuelle Systeme entwickelt und installiert worden. Dies wurde vor allem durch die grundverschiedenen technischen Forderungen der jeweiligen Anwendung bestimmt. Nicht zuletzt sind es die normgebenden Vereine und Verbände, sowie die technischen Überwachungsinstitutionen, die solche anwendungsgebundenen Systeme mitgestalten.

Zum Beispiel: VDS und VDI Vorschriften für Brandmeldesysteme oder AMEV Richtlinien für Gebäudeleittechnik und Meß- und Regelungstechnik.

Der Trend zum noch rationelleren Betreiben von Gebäuden wird jedoch immer deutlicher. Deshalb werden immer mehr in sich abgeschlossenen computergestützte Systeme, die parallel und unabhängig voneinander arbeiten, miteinander verknüpft. Der Betreiber erkennt, daß es eine Stelle geben muß, die zwischen den einzelnen Systemen koordiniert.

Die Systeme von Landis & Gyr sind nach diesem Grundgedanken konzipiert: soviel Zentralismus wie nötig und soviel Dezentralismus wie möglich. Erst wenn man dieses Konzept konsequent verfolgt, erhält das "Intelligente Gebäude" einen Sinn. Nur eine Bündelung von Informationen verschiedener Herkunft, die aber untereinander verknüpfbar sein müssen, gibt dem Wort "Intelligenz" ein Fundament. Landis & GYr hat diese Integration hergestellt. Dadurch können z. B. beiden bewährten Systeme Gebäudeleitsysteme und Brandmeldesysteme miteinander in Harmonie kommunizieren.

Mit genügend hohem Aufwand sind der Integration der Systeme keine technischen Grenzen gesetzt. Kombinierbar sind alle Systeme und deren Informationen, der Nutzen muß jedoch klar erkennbar und nachvollziehbar sein.

Alle Maßnahmen müssen die Anpassungsfähigkeit der Gebäude erhöhen und die Wirtschaftlichkeit gewährleisten.

LANDIS & GYR

## Nutzen einer Integration

**Nutzen für Gebäude  
-Eigner, -Bewohner  
und -Betreiber**

Reduktion von:

- Energiekosten
- Personalkosten
- Wartungskosten
- Investitionskosten

Vereinfachung der Handhabung

Höhere Zuverlässigkeit

**Nutzen für die Planer  
und die Bauunter-  
nehmer**

Reduktion von:

- Koordinierungsaufwand
- Planungsaufwand
- Gewährleistung

**Nutzen für den  
Hersteller**

Synergien in:

- Vertrieb
- Planung und Installation
- Hardware
- Forschung und Entwicklung



## **NUTZEN DER INTEGRIERTEN**

### **GEBÄUDEAUTOMATION**

#### **A) NUTZEN FÜR EIGNER, BEWOHNER UND BETREIBER**

##### Wartungskosten

Die Gesamtwartung einer Anlage "aus einer Hand" reduziert die Wartungskosten, weil sie organisatorisch besser gestaltet werden kann als die Summe von zwei oder mehreren separaten Wartungspaketen.

##### Personalkosten

Die Integration der Systeme, z. B. ZLT-/DDC- und Brandmeldesysteme, ermöglicht dem Betreiber, die Systeme von einer kleineren Gruppe überwachen zu lassen. Es müssen nicht mehr - speziell bei aufwendigen Projekten - verschiedene Mannschaften zweckgebunden eingesetzt werden, der Schulungsaufwand ist geringer, da nur ein System beherrscht werden muß.

##### Investitionskosten

Aufgrund eines größeren Auftragsvolumen kann der Kunde zunächst bessere Konditionen erwarten, weil die Anbieter von Gesamtsystemen, schon wegen der größeren Massen, von vornherein mit niedrigeren Einheitspreisen und folglich mit niedrigeren Positionspreisen anbieten können.

Ein typischer Fall ist der Kabelpreis, wie folgendes aktuelles Beispiel zeigte:

32 km Kabel der Sorte 2x2x0,8 für ZLT/DDC und 28 km Kabel der gleichen Sorte für das Brandmeldesystem (BMS). Der Einheitspreis konnte für eine Gesamtsumme von 60 km Kabel um fast 28 % reduziert werden. Es waren weitere 70 km Kabel anderer Sorten anzubieten (65 % für ZLT und 35 % BMS)

### Vereinfachung der Handhabung / Transparenz

Durch die Vereinheitlichung der Bedienoberfläche wird die Handhabung vereinfacht. Gleiche Tastatur, gleicher Mensch-Maschinen-Dialog, sowie "Helpmodus" ermöglichen eine bessere, effektivere und konzentriertere Arbeitsweise des Betreiberpersonals. Übersichtlichere und "Kultur-gleiche" Darstellungen von verschiedenen Daten, Kurven und Statistiken ermöglichen eine bessere Anlagen-Transparenz.

#### Ein Beispiel aus der Praxis:

Drastische Schwingungen in einem Lüftungsregelkreis führen zu unkontinuierlicher und/oder turbulenter Luftzuführung. Folglich wird Staub aus "latenten" Luftkanalbereichen in den Raum geblasen, und dieser führt zu Fehlalarm bei Rauchmeldern.

Die ZLT-/DDC-Anlage kann schwingende Regelkreise sofort aufzeigen und eine Vorwarnung protokollieren, bzw. die schwingenden Regelkreise vorläufig unterdrücken, bis der Ursache nachgegangen wurde. Ein weiterer Grund, die Überwachungsfunktion vom ZLT-Rechner wahrnehmen zu lassen, ist die hohe Kapazität dieser Rechner gegenüber anderen Automatisierungssystemen. ZLT-Rechner können große Datenpools für Statistikzwecke verwalten, die genaue Analyse und Kausalitätsprüfungen gestatten (z. B. Fehlalarme in einem Bereich in den letzten 12 Monaten, etc.).

### Gewährleistung

Die Gewährleistung übernimmt ein einziger Lieferant. Reduzierung der Organisation, der Verwaltung und der Korrespondenz sind die Folgen.

## **B) NUTZEN FÜR DIE PLANER UND BAUUNTERNEHMER**

### **Koordinationsaufwand**

Es erklärt sich von selbst, daß die Projektierungskoordination eines Gesamtsystems vom Hersteller selbst durchgeführt werden muß. Für die Planer und den Bauherrn entfällt diese aufwendige Leistung vollkommen.

### **Planungsaufwand**

Die Planungsaufwendung für ein integriertes Leistungsverzeichnis sind erheblich geringer, als die Erstellung mehrerer von einander unabhängiger LV's für verschiedene Systeme. Die Textverarbeitungssysteme für die Ausschreibung verschiedener Gewerke können vereinheitlicht werden. Planungsgespräche zwischen dem Bauherr, Planer und Hersteller können effizienter durchgeführt werden. So werden Systemüberschneidungen sehr früh erkannt.

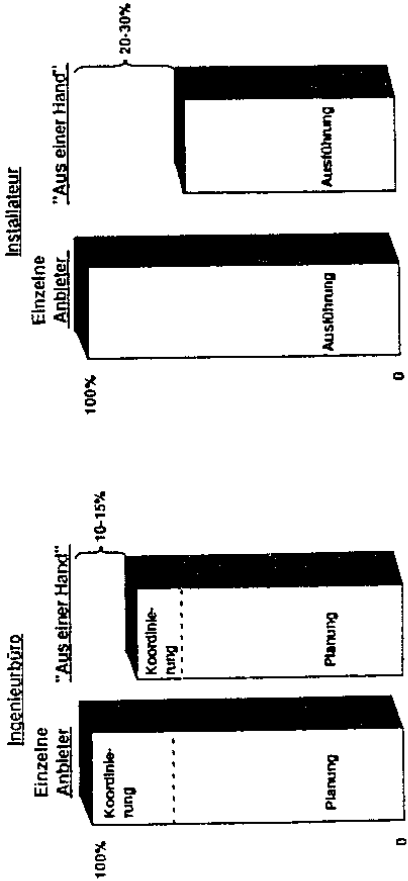
### **Beispiel:**

Rauchabzugsklappe, Feuerschutzklappen oder Lüftungsklappen?...

Welches System übernimmt die Überwachung und/oder die Bestätigung?

Nutzen für die Planer  
und die Bauunter-  
nehmer

Reduktion von:  
-Koordinierungsaufwand  
-Planungsaufwand  
-Gewährleistung



### C) NUTZEN FÜR DEN HERSTELLER / ANBIETER

Synergien in:

Vertrieb, Planung, Installation, Herstellung und Entwicklung. Die Forschungs- und Entwicklungsergebnisse für verschiedene computergeschützte Systeme können sich gegenseitig ergänzen.

Andererseits können Einzelergebnisse aus der Forschung oder Entwicklung mehrfach, d. h. für verschiedene Systeme, verwendet werden.

Die Produktion bestimmter Hardware- oder Software-Elemente können aufeinander abgestimmt bzw. rationalisiert werden. Ebenfalls können die Personal- und Aufwendungen bei der Installation reduziert werden. All diese Vorteile führen u. a. auch zu einer Kostensenkung, welche nach allen herrschenden Markgesetzen dem Kunden zugute kommen. Ob Einsparungen im Materialeinkauf - Kabel, Bauelemente etc. - oder im Personalwesen, überall machen sich Reduzierungen bemerkbar.

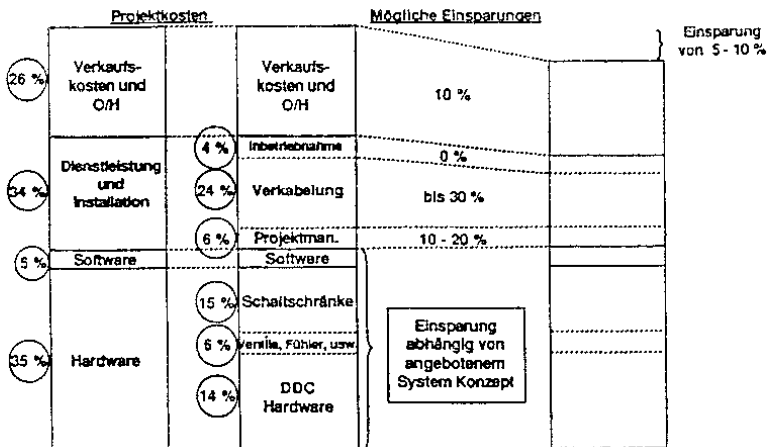
Einzelne Module können in verschiedenen Systemen genutzt werden. Ein klassisches Beispiel dafür bietet die Automobilindustrie, die die unterschiedlichsten Fahrzeuge mit den verschiedenen Motoren, Ausstattungen, Modellvarianten etc. kombiniert.

## Nutzen für den Hersteller

### Synergien in:

- Vertrieb
- Planung und Installation
- Hardware
- Forschung und Entwicklung

Insgesamt ergeben sich durch das gleichzeitige Anbieten mehrerer Systeme Kostenvorteile von bis zu 10%



## **DIE BEWAHRHEITUNG DER INTEGRATION**

### **DARGESTELLT ANHAND DER LÖSUNG VON LANDIS & GYR**

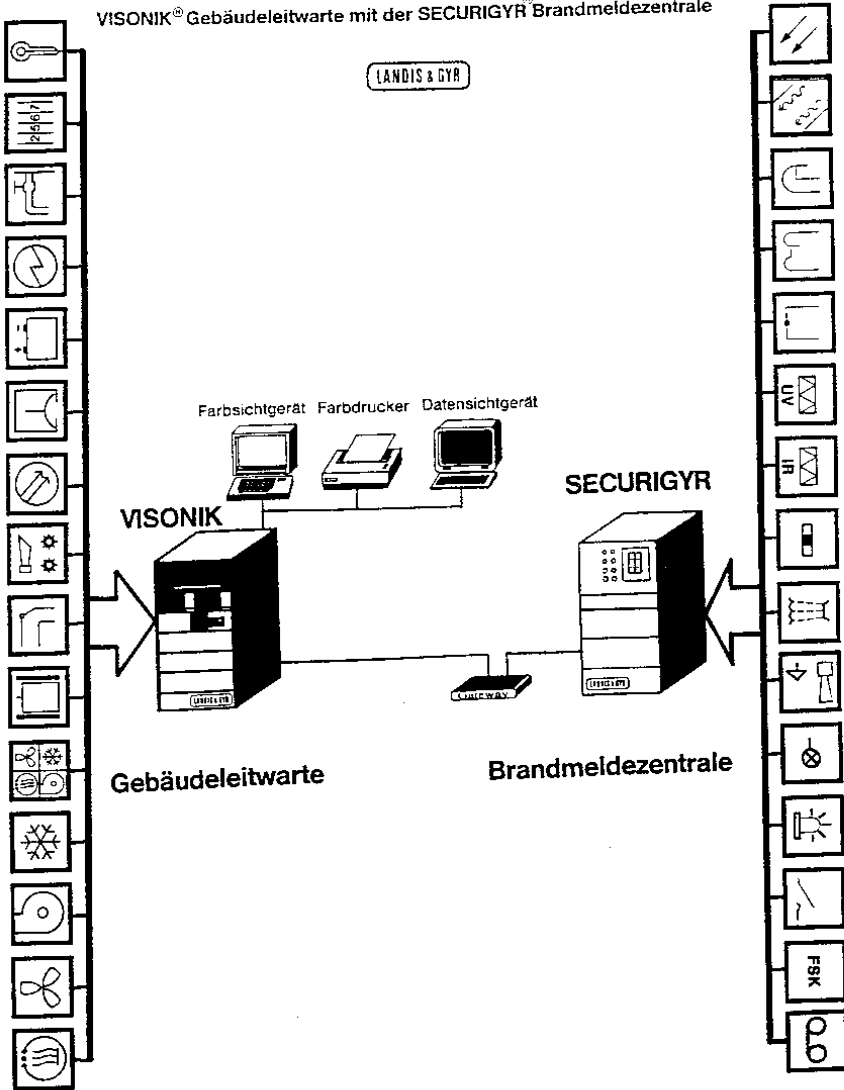
Die Anlagen der zentralen Leittechnik, sowie der digitalen Regelung Visonik werden mit einem "Gateway" mit dem Brandmeldesystem online verbunden. Das Prozessabbild vom Brandmeldesystem wird in dem Rechner der ZLT abgelegt und steht dort abrufbereit. Alle Veränderungen im Brandmeldesystem werden ständig zur Aktualisierung des Prozessabbildes zum ZLT-Rechner geschickt. Der ZLT-Rechner ist nun imstande, diese Informationen wie die "Ureigenen", die aus der gesamten Haustechnik stammen, u. a. Heizung, Lüftung, Klima, Kälte, Beleuchtung, Spitzenlastüberwachung etc. zu behandeln, zu verknüpfen und zu verwerten.

Wie bereits erwähnt:

Die Rauchdetektion im Bereich X führt, z. B. zur Abschaltung der Zuluftventilatoren (Lüftung), zur Öffnung der Rauchabzugklappen (Lüftung), zur Schließung der Zuluftklappen (Lüftung) und Ausschaltung der Heizungsanlage im relevanten Bereich, sowie evtl. zur Einschaltung der Notbeleuchtung. Der planerischen Phantasie sind fast keine Grenzen gesetzt. Der Datenverkehr zwischen den beiden Systemen kann sowohl in eine Richtung als auch - wenn erlaubt - in beiden Richtungen stattfinden.

### Kopplung der VISONIK® Gebäudeleitwarte mit der SECURIGYR® Brandmeldezentrale

LANDIS & GYR





In den meisten Fällen wird nach VDS eine "Einbahnstraße" eingerichtet, d. h. die ZLT-Anlagen sind Informationsempfänger und Verwerter und übernehmen das Prozessabbild von BMS. Im Alarmfall (von BMS) ist die zentrale Leittechnik damit imstande, von Prozess-, Stell- und Schaltaufgaben abgesehen, folgende Aktivitäten u. a. auszulösen.

- Farb- bzw. S/W-Ausgabe von Bildern (Video oder Hardcopy) über das Gesamtgelände und/oder der gefährdeten Bereiche
- Darstellung (Video oder Hardcopy) von den Stoffen die im Gefahrenbereich deponiert sind
- Darstellung (Video oder Hardcopy) der Fluchtwege
- Darstellung (Video oder Hardcopy) des Brandfortschrittes, also wie der Brandverlauf sich entwickelt (Nord, Süd, Ost, West), sowie die Relation der aktivierten Sprinkler zu den aktivierten Rauch- und Feuermeldern.

Die wenigen Beispiele zeigen wie vielfältig mit solchen integrierten Systemen verfahren werden kann.



Bernd Heinen

Esser Sicherheitstechnik GmbH, 4040 Neuss 21, W-Germany

### Gefahrenmeldetechnik und Gebäudeleittechnik - Grenzen der Integration

#### 1. Stand der Technik

Die datentechnische Anbindung von Sicherheitssystemen (kurz: Si-Systeme) an zentrale oder dezentrale Hausleittechniksysteme (kurz: HLT-Systeme) ist insbesondere bei größeren Anlagen und Objekten vielgeübte Praxis. Das Produktprogramm einer Reihe führender deutscher Systemhersteller umfaßt beide Anwendungsbereiche oder ist doch zumindest durch entsprechende Firmenkooperationen vervollständigt. Umgekehrt zeigt sich bei den HLT-Spezialisten ein verstärkter Trend, sicherheitstechnische Belange, wie z.B. Brand- und Einbruchmeldung, mit in das bestehende Dienstleistungsspektrum aufzunehmen.

Die Einführung moderner Grafik-Benutzeroberflächen, intelligenter Sensoren, dezentraler Signalverarbeitungsknoten und komplexer Netze, kurz: die rasche Fortentwicklung der Mikroelektronik hat zu einer weitgehenden Annäherung der in beiden Systemen verwendeten Technologien geführt.

Aufgrund dieser Ähnlichkeit der Technologien und Aufgabenstellungen stellt sich die Frage nach Möglichkeiten und Grenzen ihrer Integration in einem einheitlichen Systemkonzept.

Da die Entwicklung von Si- und HLT-Systemen ebensowenig abgeschlossen ist wie die Entwicklung der Mikroelektronik selbst, ist das Aufzeigen von Anwendungsgrenzen notwendigerweise eine Vorausschau von zeitlich limitierter Gültigkeit.

#### 2. Technologische Zielsetzungen

Eine Integration von kombiniertem Si- und HLT-System muß neben anderem z.B. die folgenden Einzelaufgaben übernehmen:

- Freilandüberwachung
- Außenhautsicherung
- Zutrittskontrolle
- Verschußkontrolle

- Notrufmeldung
- Einbruchmeldung
- Brandfrüherkennung
- Löschmittelsteuerung
- Störmeldung
- Heizungsüberwachung
- Klimaregelung
- Energieoptimierung

Diese Aufstellung ist keinesfalls vollständig. In der Praxis gibt es häufig, insbesondere bei Großanlagen, keine eindeutige Trennung von Si- und HLT-Funktionsbereichen. Auch die häufig benutzte Differenzierung in Sicherheits- und Gebäudemanagement-System trägt hier wenig zur Klärung bei. Darüber hinaus wächst der Trend, Hausleittechnik-Systeme mit einer Vielzahl von zusätzlichen Elementen der Sekundärdatenverarbeitungen (Betriebs- und Zeitdatenerfassung) zu ergänzen, um zusätzliche Dienste z.B. im Bereich Personal- und Betriebsmittelmanagement zu erschließen.

Diesen Integrationsstrategien liegen mehrere Ziele zugrunde:

- Kombinierte Nutzung der Gerätere Ressourcen (Sensoren, Netze, Rechner)
- Kombinierte Nutzung der gewonnenen Systemdaten
- Rationelle Erfassung der Gebäudezustandsdaten
- Erhöhung der Systemverfügbarkeit

Im folgenden soll diese Integration auf der formalen Basis der zugehörigen Netzwerkstrukturen näher untersucht werden.

### 3. Sicherheits- und Hausleittechniksysteme im ISO-OSI Schichtenmodell

Die Figuren 1 und 2 zeigen jeweils ein Schema einer kombinierten Gefahrenmeldeanlage bzw. eines Hausleittechniksystems heutiger Prägung. In beiden Fällen besteht das System aus fünf unterschiedlichen Hardware-Ebenen.

In der untersten Sensor-Ebene 1 rangieren mehr oder weniger intelligente Sensoren oder Detektoren.

In der Ebene 2 darüber befinden sich Verarbeitungsknoten, Datenkonzentratoren oder Feldrechner, die ihrerseits mit der Zentralen-Ebene 3 kommunizieren.

Die Zusammenfassung der Systeminformationen und die Schnittstelle zum Anwender befindet sich in der Rechner-Ebene 4. In der Ebene 3 oder 4 befinden sich darüber hinaus häufig Gateways zur Kommunikation mit anderen Netzen.

Die Fernwirk-Ebene 5 stellt die Verbindung zu Wachzentralen und Servicezentralen her. Je nach Art und Umfang des Systems können auch eine oder mehrere Hardware-Ebenen entfallen.

Eine Integration von HLT- und Si-System kann theoretisch auf jeder Ebene erfolgen. Das Schema Fig.3 zeigt die verschiedenen Möglichkeiten. Die Verbindung der Systemkomponenten erfolgt dabei jeweils über ein verschieden strukturiertes Netz. Eine Integration ist somit immer verbunden mit der Frage nach dem zugehörigen Netzwerk und dessen Standardisierung, da die Netzwerkteilnehmer nicht notwendigerweise einem einzigen Herstellerstandard unterliegen müssen, und nicht zuletzt mit der Frage nach der Homologisierung der Normen und Vorschriften.

In einer Empfehlung der International Standard Organization (ISO) zum Aufbau offener Netze (Open System interconnection OSI) wurde ein Architekturmodell vorgeschlagen (IS 7498), das als OSI- Referenzmodell die Basis weiterer Normen bildet.

Das Referenzmodell definiert, welche Funktion in welchem Zusammenhang steht und die Art, in der sie für die Kommunikation genutzt wird. Es sieht eine Unterteilung der Netze in 7 Schichten vor, wobei die Schichten sowohl die Funktion als auch die Schnittstelle zur Nachbarschicht beschreiben.

Im einzelnen sind dies:

#### 1. Schicht - Physikalische Schicht

Sie beschreibt die mechanischen und elektrischen Einrichtungen zur physikalischen Verbindung der Endgeräte

#### 2. Schicht - Protokollschicht

Beschreibung der Datenaufbereitung und Datensicherung

#### 3. Schicht - Netzwerkschicht

Beschreibung der Herstellung, Durchführung und Beendigung der Verbindung sowie der Richtungsweisung der Daten

#### 4. Schicht - Transportschicht

Beschreibung der Optimierung der Datenübertragung

#### 5. Schicht - Sessionsschicht

Koordination verschiedener Anwendungsprozesse

#### 6. Schicht - Präsentationsschicht

Definition von Zeichensätzen, Datencodes und Datenanzeige auf Bildschirm und Drucker

#### 7. Schicht - Applikationsschicht

Beschreibung der Unterstützung der Anwendung und der Systemverwaltung

### 3.1 Die Integration auf Sensorebene

Das Sensor- und Detektorspektrum umfaßt eine Vielzahl sehr verschiedenartiger Produkte vom einfachen Kontakt bis zum integrierten Sensor mit umfangreicher Signalvorverarbeitung und -auswertung. Bei gemischtem Betrieb von HLT- und Si-Komponenten auf einem gemeinsamen Netz muß zumindest eine Einzelidentifizierung gefordert werden. Darüber hinaus werden Primärleitungsüberwachung und niedrige Stromaufnahme benötigt. Diese Merkmale werden von HLT-Sensorik-Systemen weitgehend nicht erfüllt, so daß eine Vernetzung bereits auf der physikalischen Schicht zu Problemen führt.

Betrachtet man zudem die in der Praxis vorkommenden Leitungsnetze, so wird deutlich, daß aufgrund der verschiedenen räumlichen Platzierung von HLT- und Si-Sensorik auf dieser Ebene keine nennenswerten Installationsvorteile zu erwarten sind. Auch die gemeinsame Nutzung von Sensoren, z.B. von Raumtemperaturfühlern, ist aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen an die klimatechnische bzw. brandtechnische Wirkungsweise in beiden Anwendungsfällen nicht möglich.

### 3.2 Die Integration auf Datenkonzentratorebene

Besonders bei Großanlagen mit der Verbindung räumlich getrennter Gebäudeteile kann der Einsatz von Konzentratoren Installationsvorteile bieten. Die Konzentratoren verfügen in der Regel über Prozessorintelligenz und bieten somit eine Grundlage zur physikalischen Vernetzung unter Verwendung einfacher Datenprotokolle.

In der Sicherheitstechnik werden zudem in naher Zukunft verstärkt Detektoren zum Einsatz kommen, die neben der Sensorik über eine integrierte digitale Signalverarbeitung mittels Signalprozessor bzw. Mikrokontroller verfügen. Die Baugruppen besitzen bereits

auf Chipebene eine serielle Datenschnittstelle, so daß der Anschluß an serielle Netze auf der Basis eines Feldbuskonzeptes ermöglicht wird.

Diese Netze sind jedoch bislang firmenspezifisch. Zwar gibt es im Bereich von SPS-Systemen eine Reihe von Normungsbestrebungen, die z.B. unter der Vornorm DIN V 19245 Teil I (Profibus) zu ersten Ergebnissen geführt haben. Darüber hinaus werden von seiten der Chiphersteller eine Reihe verschiedener Lösungen angeboten (Bitbus, IIC), die für Feldbusanwendungen geeignet oder erweiterungsfähig wären. Es ist allerdings zu bezweifeln, daß diese Konzepte in Sicherheitsnetze direkten Eingang finden werden, da hier zusätzliche Beschränkungen zu beachten sind:

- a) niedrige Bandbreite der verwendeten Leitung (Telefonkabel), typisch einige kHz
- b) Antwortzeiten typisch <200> msec
- c) Toleranz von Leitungsunterbrechung
- d) Ausfallbegrenzung bei Kurzschluß (max. 32 Detektoren, max. 1 Meldergruppe)
- e) Leitungsüberwachung auf Unterbrechung und Kurzschluß
- f) Vermeidung von Rückwirkungen bei Ausfall des jeweiligen Netzteilnehmers
- g) Alarmweitermeldung innerhalb 10 sec ohne Datenverluste

Diese Beschränkung führt zu Ringleitungen mit Busseparatoren und speziellen Protokollen (Figur 4a). In der Praxis ist darüber hinaus eine frei wählbare Netztopologie wünschenswert, um unnötige Einschränkungen in der Leitungsverlegung zu vermeiden. Diese Topologie sollte darüber hinaus vom System bei teilweisen Netzausfällen rekonstruiert werden können, um Netzunterbrechungen und Kurzschlüsse lokalisierbar zu machen (Figur 4b).

Die, bezogen auf die Netzbandbreite, kurze Reaktionszeit macht spezielle Protokolle erforderlich. Die für die OSI-Schicht 2 vorgeschlagene HDLC-Prozedur (High Level Data Link Control Procedure) z.B. sieht für die Übertragung einen minimalen Kontrollrahmen von 6 Bytes vor, hinzu kommt das Datenfeld von N Bytes (Figur 5). Bei einer im Hinblick auf die Störsicherheit noch realistischen Bitübertragungsrate von 600 Baud erlaubt diese Prozedur eine Adressierung von weniger als 15 Netzteilnehmern bei sequentieller (Polling) Abfrage. Hieraus wird deutlich, daß insbesondere bei Anschluß von HLT-Datenkonzentratoren mit einem in der Regel höheren Datendurchsatz priorisierbare Protokolle auf Bitebene erforderlich sind.

Aufgrund der zeitkritischen Anwendung sind hier Polling- oder Token-Passing-Übertragungsverfahren in der Regel ungeeignet. Vorzuziehen sind dagegen wahlfrei priorisierte Zugriffverfahren auf Bitebene, bei denen ein Netzteilnehmer seinen Zugriff aufgibt, sobald er den Verlust der Leitungskontrolle detektiert (wie z.B. beim IIC-Bus-Protokoll).

In der 4. Schicht sind ebenfalls Festlegungen zu treffen, um z. B. den Betrieb der Übertragung in frei definierbaren Netztopologien zu gewährleisten. Innerhalb der Sessionsschicht ist zudem die Kombination der Si- und HLT- Anwendung zu definieren.

Die Präsentationsschicht 6 hat auf Si-Zentralenebene durch geltende Vorschriften bereits einige Festlegungen erfahren. Bei Integration von HLT- und Si-Systemen sind Erweiterungen des Vorschriftengerüsts erforderlich, auf die im folgenden noch eingegangen wird.

### 3.3 Die Integration auf Zentralenebene oder Rechnebene

Die Verbindung von HLT- und Si-Systemen geschieht heute zumeist auf der Ebene 3 oder 4. Die Kopplung erfolgt dabei entweder über Kontaktmelde- und Steuerlinien oder über serielle Datenübertragung mit Current-Loop oder RS232 und firmenspezifischen Protokollen. Neuerdings sind auch Verbindungen nach dem RS485-Standard verfügbar, die eine höhere Datenrate (64 kBaud) und - über Erweiterungen des Standards - einen fehlertoleranten Ringbusbetrieb erlauben.

Aufgrund der höheren Netzbandbreiten und Datenraten lassen sich somit verschiedene bekannte Standards einsetzen z. B.:

- mit wahlfreiem Zugriff CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
- Token Bus
- Token Ring

Soweit das Netz die dezentrale Verbindung mehrerer Sicherheits-Zentralen vorsieht, gelten auch hier die bereits oben genannten Einschränkungen für Reaktionszeit und Systemausfall.

Eine Implementierung der vier Standardprotokolle bis zur Transportschicht ist hier möglich.

Während es auf der Zentralenebene eine Reihe von Vorschriften für die Auslegung und Darstellung der Informationen gibt (z. B. VdS), fehlen bislang solche Standardisierungen auf Rechnebene.

Ogleich die Beibehaltung separater Anzeige- und Bedienoberflächen auch bei Vorliegen einer Rechnebene zwingend erforderlich bleibt, um den unterschiedlichen Erfordernissen des Wach-, Wartungs- und Einsatzpersonals gerecht zu werden, ist bei Integration von HLT- und Si-Systemen eine entsprechende Festlegung wünschenswert, da sie insbesondere bei Großsystemen wertvolle Zusatzinformationen auch für den Gefahrenfall bereitstellen kann.



Ein solcher Standard sollte Ereignisprotokollformate ebenso festlegen wie z.B. Grafikdarstellungen von Gebäudezuständen und -grundrissen.

Auf dieser Ebene können zudem alle Melde- und Steuerereignisse kenntlich gemacht werden, die funktionsübergreifend wirksam sind, z.B. bei Steuerung von Aufzügen, Lüftungen, Notausgängen, etc.

### 3.4 Integration auf Fernwirkebene

Die Integration von Si- und HLT-Systemen auf der Fernwirkebene stellt keine Integration im eigentlichen Sinne dar, da es sich hier um weitgehend autark arbeitende Systeme handelt. Im Rahmen des ISDN-Postnetzes und damit verbundener erweiterter Dienstleistungsangebote von Herstellern, Wartungs- und Wachfirmen dürfte dieser Zusammenschluß jedoch wachsende Bedeutung gewinnen insbesondere, da zukünftig auch Sicherheitssysteme über Möglichkeiten der Fernwartung und Ferndiagnose verfügen werden.

Prinzipiell ist auch hier eine Standardisierung der Protokolle möglich. Inwieweit die durch TEMEX bereitgestellten Prozeduren zu einem allgemeingültigen Standard genutzt werden können, bleibt abzuwarten.

## 4. Zusammenfassung

Die Integration von Sicherheits- und Hausleittechniksysteme auf übergeordneter Rechner- oder Zentralenebene verschafft durch Bereitstellung wichtiger Systeminformationen bei der Systemüberwachung und Zustandserkennung einen sinnvollen Zusatznutzen.

Auf der Ebene dezentraler Datenkonzentratoren ist langfristig eine Integration denkbar, insbesondere dann, wenn ein von seiten der Anbieter offener, übergreifender Netzstandard für Gebäudemanagementsysteme etabliert werden kann.

Voraussetzung ist hierbei in allen Fällen eine eindeutige Abgrenzung der unterschiedlichen Anzeige- und Bedienebenen, eine klare anwendungstechnische Zuordnung der Verantwortlichkeiten bei Installation, Wartung und Service beider im Rahmen der Starkstrom- bzw. Schwachstromtechnik unterschiedlich zu behandelnden Gewerke, sowie eine Homologisierung der entsprechenden Normen und Vorschriften.

Literatur:

Rumpel, Sun: Netzleittechnik, Springer Verlag, 1989

Wrahl, P.: Speicherprogrammierbare Steuerungen in der Automatisierungstechnik, Vogel-Buchverlag, 1989

Färber, Georg: Bussysteme, R.-Oldenburg-Verlag, 1984

Profibus DIN 19245

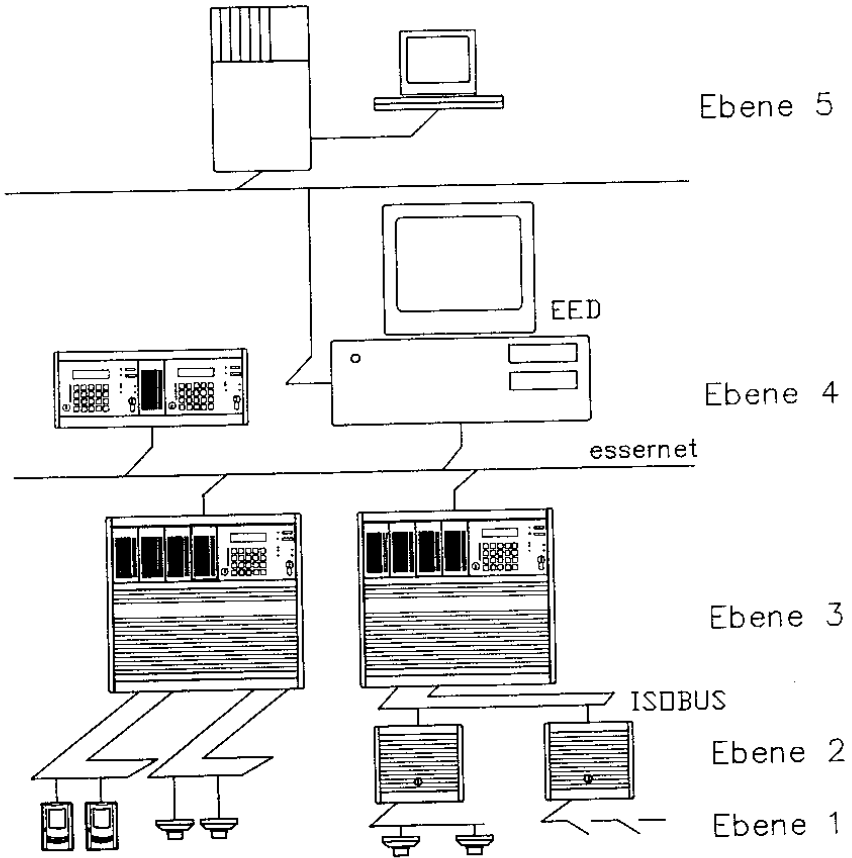
ISO: IS 7498

DIN V 19245, Teil 1

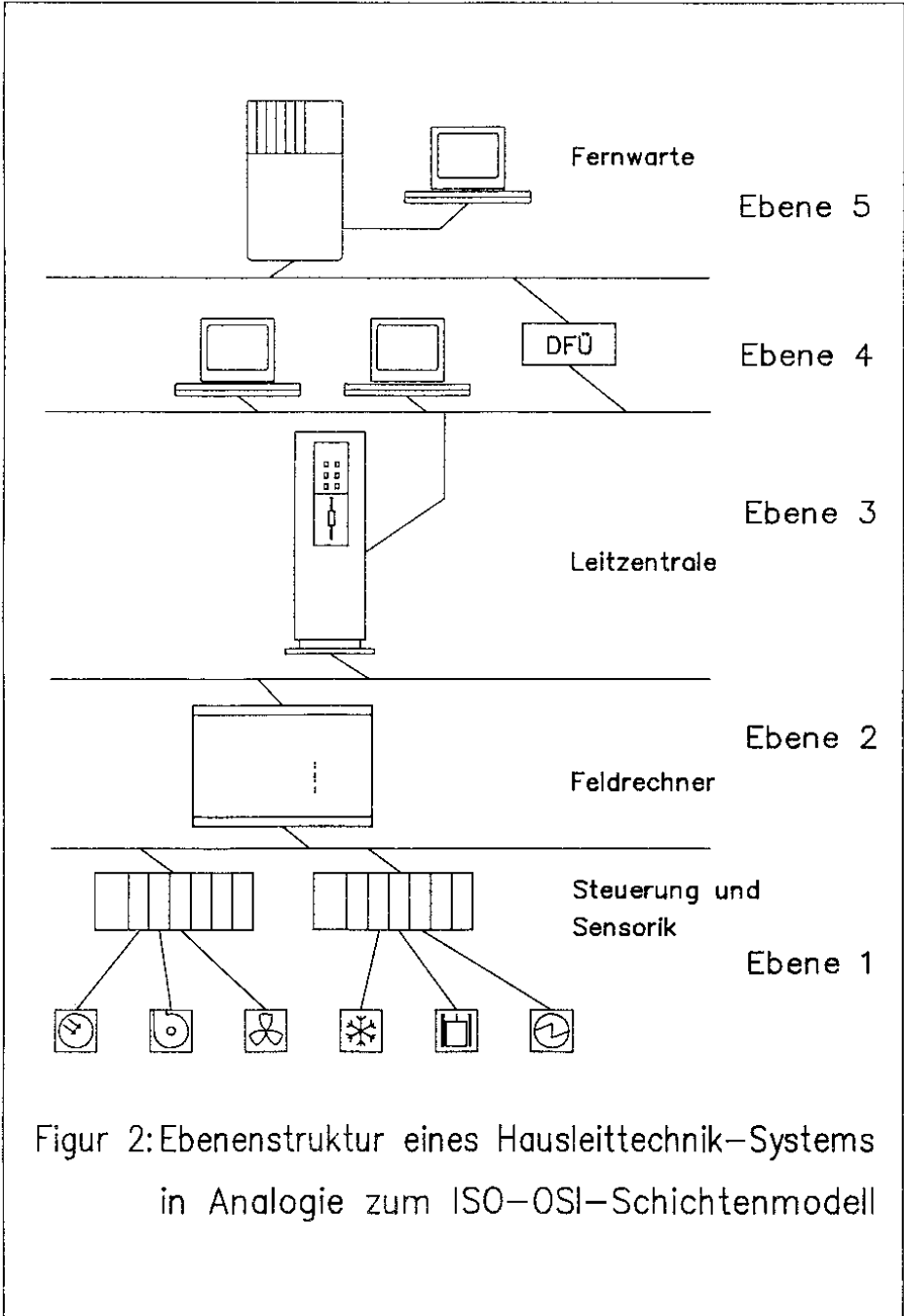
Verband der Sachversicherer: Richtlinien für Gefahrenmeldeanlagen. Softwaregesteuerte Anlagenteile. Ergänzende Anforderungen und Prüfmethode. VdS 2203 12/88(01)

Verband der Sachversicherer: Richtlinien für Einbruchmeldeanlagen. Einbruchmeldeanlagen der Klasse C. Planung und Einbau. 10. Entwurf vom 01.08.88

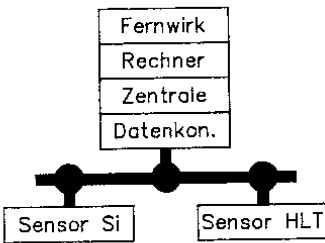
Verband der Sachversicherer: Richtlinien für automatische Brandmeldeanlagen. Planung und Einbau. Form 2095/05.83



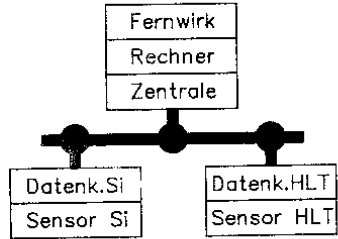
Figur 1: Ebenenstruktur eines Gefahrenmeldesystems  
in Analogie zum ISO-OSI-Schichtenmodell



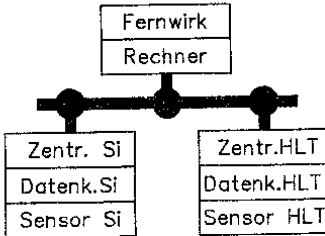
Figur 2: Ebenenstruktur eines Hausleittechnik-Systems in Analogie zum ISO-OSI-Schichtenmodell



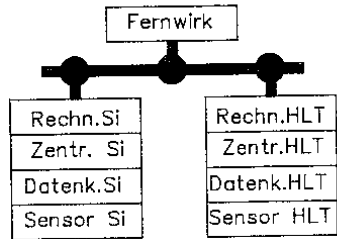
auf Sensorebene



auf Konzentratorebene



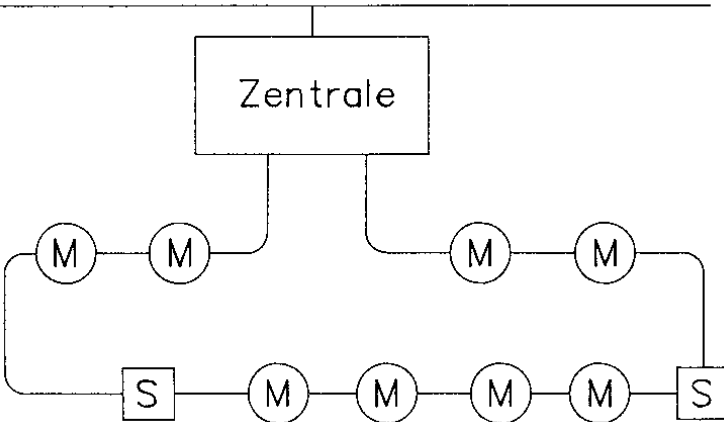
auf Zentralebene



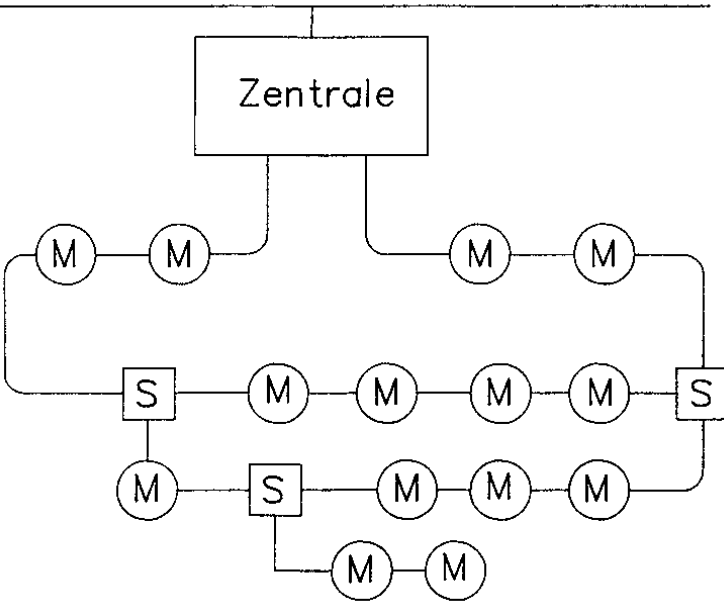
auf Rechnerebene

Figur 3: Moegliche Integrationsformen bei der kombinierten Sicherheitssystem-Hausleittechnik

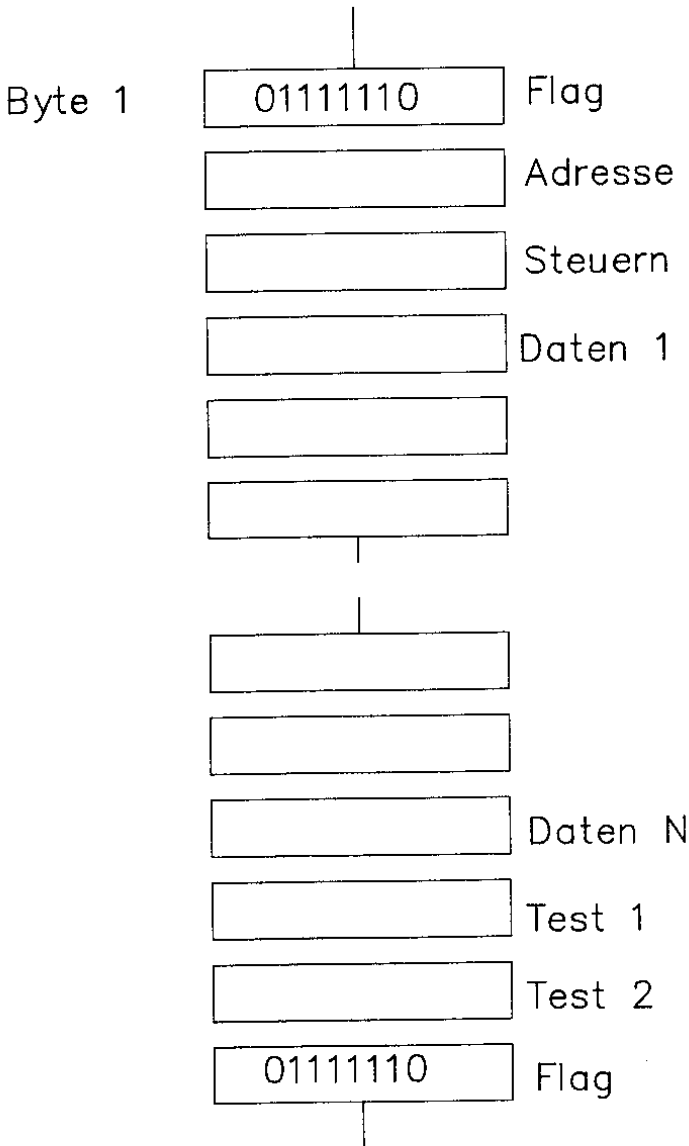
# Leitungstopologien



Figur 4a: Leitung mit Melderanschluss M und Bus-separatoren S in Ringleitungsverdrahtung



Figur 4b: Leitung mit Melderanschluss M und Bus-separatoren S in freier Verdrahtung



Figur 5: Datenprotokollaufbau der HDLC-  
Prozedur mit festem Frame





E. Bamert und H. Neuenschwander  
BVD, Zürich, Schweiz

Anforderungen der Betreiber, Versicherer und Behörden -  
Stand der Harmonisierung von Richtlinien und Normen  
in Europa

Zusammenfassung

Die konventionelle Brandmeldetechnik einschliesslich der meisten bis heute angewandten Technologien mit Mikroprozesssteuerungen erfüllen die Erwartungen der Betreiber, Behörden, Feuerwehren und Versicherer nur zum Teil. Qualität und Zuverlässigkeit der Anlagen geben bei nutzungsgerechter Wartung zwar selten Anlass zur Kritik; die Wirksamkeit der Systeme hinsichtlich der Detektionsfähigkeit jedoch ist ungenügend. Falschalarne bedeuten bei der heutigen Anlagen-dichte in Siedlungs- und Industriegebieten eine reine Zeit- und Geldverschwendung für Betriebs- und Ortsfeuerwehren.

Die zwangsläufige Folge ist der Verlust von Vertrauen in die Anlagen. Diese verlieren ihren Schutzwert für Personen, Sachen und die Umwelt weitgehend und am augenfälligsten dann, falls direkte Aufschaltungen bei den Feuermelde- und Feuerwehrleitstellen abgelehnt werden.

Das Argument, die Anlage diene dann noch immer dem Personenschutz, ist zumindest in grösseren Bauten eine Illusion. Die Wirklichkeit zeigt ein anderes Gesicht; sie fordert ihre Opfer auf den Fluchtwegen. Das Falschalarmproblem ist grundsätzlich lösbar. Die erforderliche Technik ist verfügbar. Sie wird allerdings solange noch nicht eingesetzt, als Hersteller und Betreiber sich an das in Normen und Vorschriften

festgelegte Minimum klammern, und die Wahl des Systems sich ausschliesslich nach dem tiefsten angebotenen Preis richtet.

Im europäischen Verband der Feuerversicherer CEA (Comité Européen des Assurances) werden zur Zeit die bestehenden Richtlinien für Planung, Bau und Betrieb von stationären, automatischen Brandmeldeanlagen dem neuen Stand des Wissens über die Gefahrenerkennung, der Signalverarbeitung und der zweckmässigsten Weiterleitung von Warnungen und Alarmen an die Interventionsstellen angepasst.

Diese neuen Dokumente - von denen anzunehmen ist, dass sie wie die früheren Richtlinien von allen CEA-Ländern übernommen werden - sollen dazu beitragen, mit schutzzielorientierten Anforderungen modernen, wirksameren, benutzerfreundlichen und längst fälligen zeitgemässen Lösungen den notwendigen Spielraum zu geben.

Bei der Normung der Bauteile im CEN soll durch eine enge Zusammenarbeit der Spezialisten der CEA-Prüflaboratorien und der Hersteller sichergestellt werden, dass überholte Anforderungen eliminiert und, wo notwendig, die eingeschlagene Richtung, die zum Teil sogar Falschalarmanlagen begünstigt, zu korrigieren.

#### Einleitung

Brandmeldeanlagen wurden erfunden, um Entstehungsbrände frühzeitig zu erkennen und die Gefahr selbständig den betriebseigenen Interventionsstellen sowie der Ortsfeuerwehr zu melden. Die Wirksamkeit einer solchen Anlage ist von mehreren Faktoren abhängig. Wichtig ist, wie rasch das System auf Rauch, Wärme oder Flammen reagiert. Noch wichtiger aber ist, wie gut die Anlage zwischen einem echten Brandausbruch und einer brandvortäuschenden ungefährlichen Situation unterscheiden kann!

E. Bamert und H. Neuenschwander  
BVD, Zürich, Schweiz

Anforderungen der Betreiber, Versicherer und Behörden -  
Stand der Harmonisierung von Richtlinien und Normen  
in Europa

Zusammenfassung

Die konventionelle Brandmeldetechnik einschliesslich der meisten bis heute angewandten Technologien mit Mikroprozesssteuerungen erfüllen die Erwartungen der Betreiber, Behörden, Feuerwehren und Versicherer nur zum Teil. Qualität und Zuverlässigkeit der Anlagen geben bei Nutzungsgerechter Wartung zwar selten Anlass zur Kritik; die Wirksamkeit der Systeme hinsichtlich der Detektionsfähigkeit jedoch ist ungenügend. Falschalarme bedeuten bei der heutigen Anlagendichte in Siedlungs- und Industriegebieten eine reine Zeit- und Geldverschwendung für Betriebs- und Ortsfeuerwehren.

Die zwangsläufige Folge ist der Verlust von Vertrauen in die Anlagen. Diese verlieren ihren Schutzwert für Personen, Sachen und die Umwelt weitgehend und am augenfälligsten dann, falls direkte Aufschaltungen bei den Feuermelde- und Feuerwehrleitstellen abgelehnt werden.

Das Argument, die Anlage diene dann noch immer dem Personenschutz, ist zumindest in grösseren Bauten eine Illusion. Die Wirklichkeit zeigt ein anderes Gesicht; sie fordert ihre Opfer auf den Fluchtwegen. Das Falschalarmproblem ist grundsätzlich lösbar. Die erforderliche Technik ist verfügbar. Sie wird allerdings solange noch nicht eingesetzt, als Hersteller und Betreiber sich an das in Normen und Vorschriften

festgelegte Minimum klammern, und die Wahl des Systems sich ausschliesslich nach dem tiefsten angebotenen Preis richtet.

Im europäischen Verband der Feuerversicherer CEA (Comité Européen des Assurances) werden zur Zeit die bestehenden Richtlinien für Planung, Bau und Betrieb von stationären, automatischen Brandmeldeanlagen dem neuen Stand des Wissens über die Gefahrenerkennung, der Signalverarbeitung und der zweckmässigsten Weiterleitung von Warnungen und Alarmen an die Interventionsstellen angepasst.

Diese neuen Dokumente - von denen anzunehmen ist, dass sie wie die früheren Richtlinien von allen CEA-Ländern übernommen werden - sollen dazu beitragen, mit schutzzielorientierten Anforderungen modernen, wirksameren, benutzerfreundlichen und längst fälligen zeitgemässen Lösungen den notwendigen Spielraum zu geben.

Bei der Normung der Bauteile im CEN soll durch eine enge Zusammenarbeit der Spezialisten der CEA-Prüflaboratorien und der Hersteller sichergestellt werden, dass überholte Anforderungen eliminiert und, wo notwendig, die eingeschlagene Richtung, die zum Teil sogar Falschalarmanlagen begünstigt, zu korrigieren.

#### Einleitung

Brandmeldeanlagen wurden erfunden, um Entstehungsbrände frühzeitig zu erkennen und die Gefahr selbständig den betriebseigenen Interventionsstellen sowie der Ortsfeuerwehr zu melden. Die Wirksamkeit einer solchen Anlage ist von mehreren Faktoren abhängig. Wichtig ist, wie rasch das System auf Rauch, Wärme oder Flammen reagiert. Noch wichtiger aber ist, wie gut die Anlage zwischen einem echten Brandausbruch und einer brandvortäuschenden ungefährlichen Situation unterscheiden kann!

Was die Empfindlichkeit der Melder anbetrifft, so erfüllen die anerkannten Systeme die gesteckten Ziele bei weitem. Weniger gut sieht die Situation bei der Detektionsfähigkeit aus: Auf einen echten Alarm kommen 10-20 Falschalarme. Neue Techniken mit programmgesteuerten Signalverarbeitungseinheiten lassen ohne Zweifel diesbezügliche Verbesserungen erwarten. Es ist zu hoffen, dass damit die Sicherheits-Beauftragten, die Anlagebesitzer und die Feuerwehren vom Alpdruck "Falschalarm" befreit werden. "Intelligente" Systeme werden kein Ausschalten von Meldergruppen mehr erfordern, weil sie ihre Empfindlichkeit je nach Ausmass der brandvortäuschenden Einwirkungen selbständig verändern. Bei der noch verbleibenden Unsicherheit in der Erkennung wird "Vorsicht" gemeldet und erst bei eindeutig erkannter Gefahr sofort Alarm ausgelöst.

Wann wird diese neue Technik erhältlich sein? Dies hängt in erster Linie davon ab, ob sie der Konsument verlangt und bereit ist, dafür einen etwas höheren Preis zu zahlen. Dies hängt aber auch von Behörden und Feuerwehren ab, ob sie den Aergers mit den Falschalarmen weiterhin tolerieren, und was die unnötigen Einsätze anbetrifft, auch weiterhin bezahlen wollen.

#### Neue Generation "echter" Brandmeldeanlagen

Unter "Neuer Generation" sind im vorliegenden Beitrag Systeme gemeint, die neue elektronische Bauelemente zur konzentrierten oder zentralen Signalverarbeitung und -auswertung einsetzen. Es sind dies sogenannte programm- oder "software"-gesteuerte Brandmeldeanlagen, die nach wie vor aus Brandmeldern oder Brandsensoren und einer Zentrale bestehen.

Die heutigen Melder sind zwar komplexe Gebilde, können aber nur eine Veränderung einer physikalischen Grösse verfolgen

und bei Ueberschreiten einer vorgegebenen Schwelle ein Signal der Zentrale melden.

Ein Lösungsweg besteht darin, "intelligente" Melder einzusetzen, die in der Lage sind, entweder mehrere Kenngrößen zu messen und auszuwerten oder eine einzelne Kenngröße laufend zu verfolgen und diese mit gespeicherten Parametern zu vergleichen.

Der praktikablere Weg zeichnet sich ab, die "Intelligenz", d.h. die entsprechende Elektronik, in die Brandmelderzentrale einzubauen, wobei der Brandmelder durch einen Sensor ersetzt wird. Diese Fühlerelemente liefern für bestimmte Kenngrößen ein dem Messwert der Brandkenngroesse direkt proportionales analoges Ausgangssignal. Diese Ausgangssignale der Sensoren werden von der Brandmelderzentrale laufend in kurzzeitlichen Abständen abgefragt, mit den in elektronischen Speichern hinterlegten Normalwerten verglichen und ausgewertet. Diese Technik hat den Vorteil der ständigen Funktionsüberwachung sowie der Erkennung und der Kompensation der Umgebungseinflüsse und der Verschmutzung der Sensoren.

Programmgesteuerte Zentralen erlauben überdies den Einsatz von Meldern mit sogenannter Einzelidentifikation, indem jeder Melder eine bestimmte, ihm zugeordnete Meldererkennung abgibt. Diese Adressierbarkeit mit Einzelidentifikation gestattet somit eine exakte Angabe des Herkunftsortes einer Meldung. Damit ist ein erster Schritt in die richtige Richtung getan. Die weiteren Schritte liegen auf der Hand und bei den Herstellern wohl in den Schubladen bereit. Dass ihre Verwirklichung noch auf sich warten liess, liegt wohl daran, dass die brandschutztechnischen Zielvorgaben zu wenig deutlich von allen Beteiligten erkannt und gefordert wurden. Diese Ziele sollen nachfolgend mit Beispielen verdeutlicht werden.

### Brandschutztechnische Ziele

Bis jetzt sind mit der konventionellen Technik zur Vermeidung von Falschalarmen die Prinzipien der

- . Zweischlaufen-, Zweilinien- oder Zweimelderabhängigkeit oder
- . Signalverzögerung bzw. -speicherung mit gutem Erfolg eingesetzt worden.

Künftig sind eine Reihe weiterer, geeigneter Lösungen möglich. Eine bessere Detektionsfähigkeit lässt sich beispielsweise erzielen durch

- . die Aenderung der Ansprechschwelle des Systems entsprechend der Tageszeit und Raumnutzung oder
- . die Auswertung und sinnvolle Verarbeitung mehrerer gemessener Kennwerte oder
- . den Vergleich gemessener Kennwerte mit eingegebenen, der Nutzung, Tageszeit und anderen Kriterien angepassten Parametern.

Die moderne Technik mit programmierten Bauteilen (softwaregesteuerte Anlagen) wird es erlauben, Mehrbereichs-Alarmanlagen mit z.B. zwei Schwellenwerten zu bauen, die sich automatisch dem jeweils vorliegenden Täuschungseinwirkungspegel anpassen. Damit lassen sich die Bereiche Bereitschaft, Vorschichtsmeldung und Alarm trennen und eine Mindestforderung erfüllen, nämlich Falschalarme mit technischen Mitteln wirksam zu vermeiden, ohne den Menschen in kritischen Fällen auszuschalten.

Mehrstufige Warn- und Alarmsysteme sind z.B. bei allen meteorologischen Gefahrenmeldungen für See- und Luftfahrt sowie bei militärischen Frühwarnsystemen ein bekanntes und bewährtes Mittel. Sie erlauben, bei mehreren Variablen (z.B. Gewitterfront/Flugweg) nie vollständig vermeidbare Unsicher-

heiten des Eintreffens einer unmittelbaren Gefahr die richtigen Entscheide für effiziente Massnahmen zeitgerecht zu fällen.

### Mehrbereichs-Alarmsystem

#### 1. Alarm (Situation: unmittelbare Gefahr)

Erkennt eine Brandmeldeanlage in einem überwachten Bereich Kenngrössen,

- . die eindeutig oder sehr wahrscheinlich Brand bedeuten (Echtalarmwahrscheinlichkeit grösser als 80%),
  - . wobei Personen und Sachen bereits gefährdet sein können,
- ist intern und extern unverzüglich zu alarmieren.

Die Ansprechschwelle für die Brandentdeckung soll über den Spitzenwerten des Täuschungseinwirkungspegels liegen, oder es sind sonstige gleichwertige Massnahmen gegen Falschalarne vorzusehen.

#### 2. Vorsichtsmeldung intern (Situation: mögliche Gefahr)

Erkennt eine Brandmeldeanlage in einem überwachten Bereich Kenngrössen, die

- . möglicherweise Brand bedeuten,
- . sich jedoch nicht von Täuschungseinwirkungen unterscheiden lassen und
- . eine gewisse Gefährdung von Personen und Sachen nicht ausschliessen lassen,

ist eine interne Vorsichtsmeldung abzugeben. Ist die Situation "Alarm" erreicht, muss automatisch intern und extern alarmiert werden.



### 3. Kein Alarm (Situation: keine Gefahr)

Stellt eine Brandmeldeanlage Kenngrößen fest, die

- . möglicherweise Brand bedeuten (Echtalarmwahrscheinlichkeit kleiner als 80%),
- . sich jedoch nicht von Täuschungseinwirkungen unterscheiden lassen und
- . Sachen und Personen durch diese Einwirkungen überhaupt nicht gefährdet sind,

darf weder intern noch extern alarmiert werden.

Die Brandmeldeanlage verbleibt im Zustand der dauernden Bereitschaft, sofern der Schwellenwert für eine Vorsichtsmeldung nicht überschritten wird.

### Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit

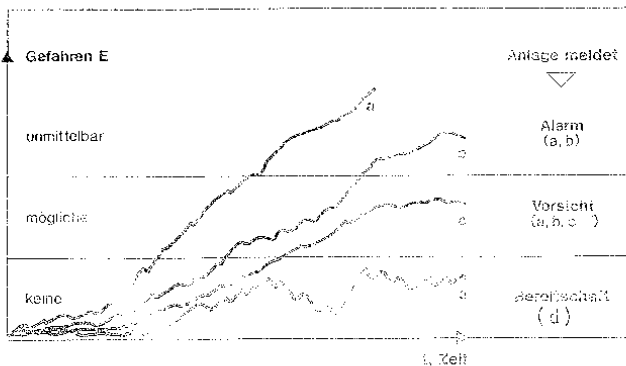
Die Zuverlässigkeit kann als "Nichtausfallwahrscheinlichkeit" oder als "Ueberlebenswahrscheinlichkeit" definiert werden. In diesem Sinne ist die Zuverlässigkeit eine Erfolgswahrscheinlichkeit, die ausdrückt, wie weit die Betrachtungseinheit während der beobachteten Zeitdauer keine Ausfälle aufweist.

Eng verbunden mit dem Begriff der Zuverlässigkeit ist die Verfügbarkeit. Während sich die Zuverlässigkeit auf Bauelemente, Teilsysteme und Systeme bezieht, werden mit der Verfügbarkeit in der Regel ganze Anlagen erfasst. Das Mass der Verfügbarkeit hängt - neben den vorerwähnten Zusammenhängen - ebenso von der Zuverlässigkeit der Störungsanzeige wie der Instandsetzungszeit ab.

Was heisst dies nun für Brandmeldeanlagen der neuen Generation? Was sollte sich, verglichen mit den konventionellen Systemen ändern?

Anlagebesitzer und Feuerversicherer erwarten von den Herstellern von Brandmeldeanlagen eine optimale Bauweise ihrer Produkte derart, dass nicht die beste Zuverlässigkeit allein, sondern der beste Kompromiss zwischen Preis, Zuverlässigkeit und Instandhaltungsaufwand im Vordergrund steht. Eine solche Optimierung bezweckt, die Kosten für Brandmeldeanlagen, Wartung und Unterhalt wirtschaftlich tragbar zu gestalten.

Mit den neuen Technologien und den zu erwartenden Entwicklungen muss es möglich sein, dass der Hersteller eines Systems und gegebenenfalls der Lieferant der Anlage Angaben über die Ausfallwahrscheinlichkeit der verwendeten Bauteile, Komponenten und Teilsysteme machen kann. Gleichzeitig nennt er auch die Zeiten für Störungenbehebung und deklariert Wartungsumfang und -intervall. Der Anlagebetreiber hat aufgrund solcher Angaben die Möglichkeit, zwischen einer qualitativ hochstehenden teureren Anlage zu geringeren Wartungskosten oder einer preisgünstigeren Anlage mit häufigeren Wartungen zu wählen.



Mehrstufigs-Alarmsystem

### Schlussfolgerungen

Die heutigen Brandmeldeanlagen sind grösstenteils sehr funktionssicher und in dieser Hinsicht sehr zuverlässig. Ausfälle infolge technischer Störungen sind seltene Ereignisse. Viel häufiger wird die gewünschte dauernde Verfügbarkeit der Anlage beeinträchtigt, z.B. durch das manuelle Ausschalten von Meldebereichen, um bei rauch-, staub- und feuchtigkeits-erzeugenden Betriebsvorgängen Falschalarme zu verhindern.

Zur hohen Zuverlässigkeit automatischer Brandmeldeanlagen haben das know-how der Fachfirmen mit ihrer langjährigen Erfahrung sowie die speziellen Vorschriften der Feuerversicherer wesentlich beigetragen. Es geht nun darum, mit gemeinsamen Anstrengungen der Systemhersteller, ihrer Kunden, der Versicherer und Behörden auch die letzte Hürde zu nehmen, nämlich die Wirksamkeit auf das in den Richtlinien noch zu präzisierende Mass anzuheben. Eine Brandmeldeanlage hat dann die Qualifikation "falschalarmfrei" verdient, wenn sie

- . echte Gefahren mit einer Wahrscheinlichkeit von über 80% erkennt und meldet
- . bei Unsicherheiten in der Erkennung und einer möglichen Gefahr eine klar von der Alarmmeldung unterscheidbare Vorsichtsmeldung abgibt und
- . ihre Detektionsfähigkeit den gefährlichen Betriebszuständen (Schweissen, andere Feuerarbeiten) so anpasst, dass keine Meldebereiche mehr abgeschaltet werden müssen.

Die neue Technik mit programmgesteuerten Signalverarbeitungseinheiten bietet die besten Voraussetzungen, eine Anlage früherkennungsfähig und falschalarmfrei zu bauen. Die Hardware dazu ist vorhanden, die Software muss einzelnen Zielen besser angepasst werden.



A. Scheidweiler  
CERBERUS AG, Männedorf, Schweiz

Ueber Erfahrungen und Erkenntnisse bei der Erarbeitung  
Europäischer Normen im Bereich der Brandmeldung

Die europäische Normierung auf dem Gebiet der Brandmeldung begann im Jahre 1972, als das CEN/TC72 den Auftrag erhielt, Euronormen für Komponenten automatischer Brandmeldesysteme zu erarbeiten. Die Normenreihe trägt den Titel

EN54

COMPONENTS OF AUTOMATIC FIRE DETECTION SYSTEMS

Zu diesem Zeitpunkt existierten bereits in verschiedenen europäischen Ländern nationale Normen für Brandmelder und Zentralen, sodass man der Ansicht war, diese Normen lediglich harmonisieren zu müssen.

Es zeigte sich jedoch sehr schnell, dass das Vorhandensein nationaler Normen das Finden eines internationalen Konsens' nicht unbedingt erleichtert.

Heute, d.h. nach beinahe 20 Jahren, kann man auf eine Entwicklung zurückblicken, die ich als Mitglied des CEN/TC72 seit Beginn hautnah miterlebt habe.

Für die wesentlichen Komponenten eines Brandmeldesystems wurden europäische Normen erarbeitet, und weitere stehen kurz vor der Vollendung.

Im Vergleich zu andern, aussereuropäischen Ländern dürfen die europäischen Normen als modern und fortschrittlich bezeichnet werden.

Wenn auch ein Zeitraum von 20 Jahren auf den ersten Blick als eine lange Periode erscheint, so muss dies an den zu lösenden Problemen gemessen werden. Vergewärtigt man sich die häufig diametral auseinanderlaufenden nationalen Standpunkte, so darf man mit dem Erreichten dennoch mehr als zufrieden sein.

Die Schwierigkeiten, die es zu überwinden galt, lagen mehr im zwischenmenschlichen Bereich als auf technischem Gebiet. Die unterschiedlichen europäischen Mentalitäten und die verschiedenen Sprachen erschwerten zu Beginn das gegenseitige Verstehen und die Kommunikation. Zuerst mussten sich die Mitglieder der Arbeitsgruppen menschlich näher kommen und schrittweise lernen, sich als Team zu begreifen.

Auf fachlichem Gebiet bestand das Hauptproblem darin, sich über Aufgaben und Ziele der zu schaffenden Normen zu einigen. Hier herrschten stark voneinander abweichende Vorstellungen, die auch heute noch spürbar sind, wenn es darum geht, Akzente zu setzen.

Um deutlich zu machen, was ich hierunter verstehe, möchte ich zunächst einige Begriffe erläutern.

Bei der Gestaltung einer Norm, insbesondere im Bereich der Gefahrenmeldetechnik, müssen folgende Gesichtspunkte berücksichtigt werden:

- Funktionsmerkmale
- Design
- Qualität und Zuverlässigkeit
- Systemkompatibilität

Unter den funktionellen Merkmalen einer Norm versteht man die Definition und Festlegung von Funktionen, die das betreffende Gerät ausüben in der Lage sein muss. Es geht also um die Frage: Was soll das Gerät leisten, was für Funktionsziele müssen erreicht werden? Als Beispiel sei die Forderung nach optischer und akustischer Anzeige des Alarmzustandes erwähnt.

Was die Designmerkmale anbetrifft, so versteht man hierunter die Festlegung mechanischer und elektrischer Details, die der Einheitlichkeit der Geräte dienen, wie beispielsweise die Farben von Indikatoren, das Format für Textanzeigen oder die Blinkfrequenz optischer Signale. Hier wird nicht das "Was", sondern das "Wie" vorgeschrieben.

Die Qualitätsmerkmale eines Gerätes werden durch die in der Norm vorgeschriebenen Umweltprüfungen bestimmt. Hierbei handelt es sich um realistische und gut reproduzierbare Tests, die sicherstellen sollen, dass die geprüften Geräte mit hinreichender Wahrscheinlichkeit den Umwelanforderungen der Praxis genügen. Sie gliedern sich in umweltsimulierende Tests und Lebensdauerprüfungen, wobei die Umweltsimulation die Funktion auch unter verschärften Bedingungen prüft, wogegen die Lebensdauerprüfungen Aussagen über die zu erwartende Einsatzdauer liefern sollen.

Unter Kompatibilitätsanforderungen versteht man die Festlegung von Beurteilungskriterien in bezug auf die Fähigkeit von Komponenten eines Gefahrenmeldesystems, miteinander kommunizieren zu können. Solche Anforderungen richten sich an das System und betreffen auch Beschreibungen von Schnittstellen.

Da die Mitglieder einer Arbeitsgruppe zunächst nur mit dem Wissen über ihre nationale Norm "belastet" in die Arbeit einsteigen, ist ihr Verhalten vor diesem Hintergrund zu sehen.

Auch hier gibt es Liberale und Konservative. Dieser Unterschied wird besonders deutlich, wenn es um die Anforderungen an das Design geht.

Bei der Erarbeitung solcher Leistungsmerkmale besteht permanent die Gefahr, dass man die Mittel zur Realisierung der Funktionen vorschreibt, wodurch u.U. der technische Fortschritt blockiert werden kann. Man hört daher immer wieder die Forderung, dass man die Ziele vorschreiben soll, nicht aber die Mittel.

Realiter handelt es sich hierbei jedoch um eine eher philosophische Betrachtungsweise, die häufig einer genaueren Prüfung nicht standhält, denn ein Grundprinzip der technischen Normierung lautet:

Alle Anforderungen müssen im Labor prüfbar sein.

Dies bedeutet, dass jede Anforderung einen klaren Hinweis auf die Prüfbarkeit enthalten muss. Eine Norm darf daher keine Empfehlungen enthalten, deren Befolgung von der Prüfstelle nicht kontrollierbar ist.

Mit einer blossen Zielvorgabe ohne ausreichenden Bezug zur technischen Realisierung ist nur selten etwas anzufangen. Die Ziele müssen so konkret formuliert sein, dass sich daraus Prüfmethode ableiten lassen. Eine gewisse, jedoch akzeptierbare Einschränkung der technischen Möglichkeiten muss gegebenenfalls in Kauf genommen werden.

So ist zum Beispiel die Forderung nach Installationsfreundlichkeit eines Meldersockels eine sehr lobenswerte Zielvorgabe, die jedoch im Prüflabor nicht kontrolliert werden kann. Man muss zuerst definieren, was man unter Installationsfreundlichkeit versteht, wobei gewisse Prüfmittel eingeschlossen werden müssen.

In der Frage, welche Funktionen als notwendig (need to have) oder als wünschbar (nice to have) zu betrachten sind, gehen die Meinungen auch heute noch weit auseinander. Der Grund hierfür liegt in dem unterschiedlichen Stand der Technik in den einzelnen Ländern und deren historischer Entwicklung.

Eine Lösung dieses Problems zeichnet sich jedoch wenigstens im Ansatz ab. Nachdem Einigkeit über die absoluten Minimalanforderungen erzielt werden konnte, versucht man die Menge der darüberhinausgehenden Leistungsmerkmale in Klassen von Optionen einzuteilen. Ich werde hierauf am Beispiel der Zentralen-Norm noch zurückkommen.

Was die Umweltprüfungen anbetrifft, so weisen die nationalen Normen zwar heute noch wesentliche Unterschiede auf. Im Hinblick auf den zukünftigen europäischen Standard besteht jedoch weitgehend Einigkeit. Insbesondere wurde den Prüfungen der EMV hohe Bedeutung beigemessen.

Die vom IEC entwickelten Prüfmethode erwiesen sich als eine grosse Hilfe. Allerdings musste für die Prüfung von Brandmeldern zuerst eine spezielle Messtechnik mit eigenen Messgeräten entwickelt werden.

Die Beurteilung der Kompatibilität von Systemkomponenten ist ein besonders schwieriges Problem, dem leider bisher nicht die nötige Beachtung geschenkt wurde.

Erst eine Aktivität der ISO führte dazu, dass man sich jetzt auch im CEN/TC72 über die Kompatibilität der Komponenten Gedanken macht. Bei allem Stolz auf die erarbeiteten Gerätenormen muss man zugeben, dass keinerlei Gewähr dafür besteht, dass Brandmelder, welche die Bedingungen von EN54/7 erfüllen, funktionieren, wenn sie an eine Brandmelderzentrale nach EN54/2 angeschlossen werden. Immerhin wurde die Arbeit auf diesem wichtigen Gebiet jetzt aufgenommen.

Als Entschuldigung darf angeführt werden, dass in der Vergangenheit, d.h. bei konventionellen Systemen, das Kompatibilitätsproblem nicht so gravierend in Erscheinung trat. Heute, wo die Kommunikation zwischen Meldern und Zentrale mehr und mehr zu einem Datenübertragungsproblem geworden ist, verschmelzen Melder und Zentrale zu einem System, in welchem die Kompatibilität der Komponenten nur noch schwer zu überblicken ist.

Lassen Sie mich nun kurz auf einen grundlegenden Unterschied zwischen nationaler und internationaler Normierung zu sprechen kommen.

Vergleicht man eine nationale Norm mit einer Euronorm für das gleiche Gerät, so fällt auf, dass die Euronorm im allgemeinen wesentlich umfangreicher ist. Dies hat folgenden Grund:

Jede nationale Norm ist auf dem Boden nationaler Erfahrungen gewachsen und geht von dem jeweiligen Stand der Technik aus. D.h. es gibt eine ganze Reihe von Selbstverständlichkeiten, deren explizite Erwähnung nicht nötig erscheint.

Dies gilt im Prinzip für jedes Land, jedoch mit anderen Selbstverständlichkeiten. Befragt man die Mitglieder einer internationalen Arbeitsgruppe über ihre Meinung bezüglich der Norm eines andern Landes, so erhält man häufig die Antwort: "Nicht schlecht, jedoch einige wichtige Sachen fehlen, und andere sind überflüssig."



Das, was fehlt, sind in der Regel die Selbstverständlichkeiten des andern Landes, und was überflüssig ist, die Selbstverständlichkeiten des Befragten. Hieraus folgt nun zwangsläufig, dass eine europäische Norm, um klar und eindeutig zu sein, eine ganze Reihe von Passagen enthält, die aus der Sicht des nationalen Lesers selbstverständlich sind.

Diese an und für sich triviale Erkenntnis war in vielen Fällen der Grund langer Diskussionen und Verwirrungen. Erst eine langjährige Zusammenarbeit und das Sichkennenlernen der Mitglieder bewirkte, dass man begann, europäisch zu denken.

Man hört häufig die Befürchtung, dass durch die Euronormen eine Nivellierung der Technik nach unten erfolgen könnte. Ich will diese Gefahr nicht bagatellisieren, möchte jedoch auf eine Entwicklung hinweisen, die auch das Gegenteil bewirken kann.

Es ist objektiv feststellbar, dass den vorher erwähnten Elementen einer Norm, d.h. Funktionen, Design, Qualität und Kompatibilität, in den einzelnen europäischen Ländern unterschiedliche Bedeutung beigemessen wurde. So befassten sich die deutschsprachigen Länder schwerpunktmässig mit der Normierung des Designs, während in andern Ländern mehr Aufmerksamkeit auf die Prüfungen verwendet wurde.

Die nationalen Normen spiegeln diese Situation wieder und zeigen denn auch eine gewisse Vernachlässigung bestimmter Aspekte.

Da es durchaus verständlich und legitim ist, dass die Mitglieder einer Arbeitsgruppe versuchen, ihre nationalen Vorstellungen, von deren Richtigkeit sie überzeugt sind, durchzusetzen, ergibt sich häufig als Kompromiss eine Addition von Leistungsmerkmalen, was grundsätzlich das Niveau der Norm erhöht.

Eine Sonderstellung im Bereich der Normierung nehmen die sogenannten Anwendungsrichtlinien ein, im Englischen mit "Codes of Practice" bezeichnet. Es handelt sich hierbei um Empfehlungen, welche i.d.R. die Bedingung der Prüfbarkeit nicht erfüllen, weshalb man darüber diskutieren kann, ob sie überhaupt zu den Normen gezählt werden können und sollen.

Z.Zt. werden in CEN/TC72 auf Antrag von GB wieder heisse Diskussionen geführt, in welcher Form solche Empfehlungen in das Normenwerk der EN54 eingebaut werden können.

Der britischen Auffassung stehen erhebliche Bedenken anderer Länder entgegen, die befürchten, dass durch Standardisierung der Applikationsrichtlinien innovative Konzepte blockiert werden könnten. Es ist auch zu berücksichtigen,

dass Anwendungsrichtlinien sehr produktspezifisch sind und dass spezielle Know-how der Hersteller bzw. Errichter widerspiegeln. Hier könnte eine Standardisierung leicht zu einer Nivellierung auf einem niedrigen Niveau führen.

Ich möchte nun auf zwei Probleme eingehen, die sich wie ein roter Faden durch die Normierungsarbeit ziehen.

Einmal handelt es sich um die Furcht der Industrie vor einer zu schnellen, erzwungenen Ablösung der nationalen Norm. Die Hersteller befürchten zu Recht, dass kurzfristig Änderungen an Produkten notwendig werden könnten, was umso schlimmer ist, wenn diese Produkte erst vor kurzem eingeführt wurden. Die Rentabilität kostspieliger Entwicklungen wird in Frage gestellt.

Hier hilft nur der Hinweis darauf, dass zwischen der Erarbeitung einer Norm durch die Experten des CEN/TC72 und ihrer Inkraftsetzung mindestens 3 Jahre vergehen. Von einer Überraschung der Hersteller durch eine neue Norm kann also nicht die Rede sein. Trotzdem ist es verständlicherweise schwierig für einen Experten aus Herstellerkreisen, von seiner eigenen Entwicklung zu abstrahieren und Ja zu sagen zu Leistungsmerkmalen, die das eigene Produkt zur Zeit noch nicht aufweist.

Das andere Problem betrifft die technische Ausrüstung der Labors.

Die nationalen Prüfstellen, deren technische Ausrüstung in der Vergangenheit durch die nationale Norm bestimmt wurde, sehen sich zusätzlichen, beträchtlichen Investitionen gegenüber, die dadurch entstehen, dass neue Prüfeinrichtungen angeschafft werden müssen; denn es versteht sich von selbst, dass akkreditierte europäische Prüfinstitute über eine einheitliche und gleiche Ausrüstung verfügen müssen. Die Diskussionen über neue und verbesserte Prüfmethoden nehmen daher einen beachtlichen Raum ein, da in den Arbeitskreisen auch die Vertreter der Testlabors mitarbeiten.

Es ist verständlich, dass diejenigen Labors, die über die entsprechenden Geräte bereits verfügen, die Notwendigkeit solcher Prüfungen bedeutend schneller begreifen als diejenigen, für die eine Zustimmung mit einer wesentlichen Investition verbunden ist.

Es wurde bereits häufig erwähnt, dass im Zuge der Realisierung des europäischen Binnenmarktes bis 1992 der europäischen Normierung eine hohe Bedeutung zukommt. Sie soll unter anderem die Grundlagen dafür schaffen, dass Handelshemmnisse, welche heute immer noch in Form von Normen bestehen, abgebaut werden.

Da die europäische Normierung auf dem Gebiet der Brandmelder schon beachtlich weit fortgeschritten ist, könnte man

der Ansicht sein, die Gefahr von Handelsschranken durch Normen bereits gebannt zu haben.

Allerdings besteht m.E. noch ein Problem, das, wenn wir es nicht lösen, den Erfolg gefährden kann. Ich denke hierbei an die nationalen Anwendungsrichtlinien, die neben den Normen bestehen werden.

Es muss unbedingt vermieden werden, dass in den Anwendungsrichtlinien Leistungsmerkmale für Geräte erscheinen. Sie gehören in die entsprechende Norm. Die Applikationsrichtlinien müssen auf die Produktnormen Bezug nehmen und dürfen nicht noch zusätzliche Anforderungen enthalten.

Wenn wir dies nicht erreichen, verlagern wir lediglich die Handelsbarrieren von den Normen auf die Richtlinien, und der freie Warenaustausch bleibt nach wie vor ein Traum. In diesem Sinne befürworte ich den britischen Antrag, einen europäischen "Code of Practice" zu erarbeiten, wenn hierdurch diese Gefahr ausgeschaltet werden kann.

Selbstverständlich kann der Kunde verlangen, was er will. Niemand will ihm dieses Recht streitig machen. Es würde aber die Bemühungen um einen europäischen Binnenmarkt ad absurdum führen, wenn jedes Land über nationale Empfehlungen fremde Produkte diskriminieren könnte.

Lassen Sie mich zum Abschluss meiner Ausführungen einige Beispiele aus der Arbeit des CEN/TC72 bringen anhand welcher die Problematik der europäischen Normierung auf diesem Gebiet veranschaulicht werden soll.

Eine der wichtigsten Normen im Bereich Brandmeldung ist zweifelsohne die soeben erarbeitete Norm für Brandmelderzentralen EN54/2. Ich glaube nicht, dass es eine Indiskretion darstellt, wenn ich als Vorsitzender der hierfür zuständigen Arbeitsgruppe einige Punkte dieser für mich äußerst interessanten Arbeit herausgreife.

Die Arbeit an dieser Norm stellte hohe Anforderungen an die Teamfähigkeit der Mitglieder, und ich darf behaupten, dass das Resultat ein Musterbeispiel echter internationaler Kooperationsbereitschaft ist.

Eine Fülle von Kompromissen musste gefunden werden, wobei heute nicht mehr feststellbar ist, welches Land die meisten Zugeständnisse machte. Jedoch war auch hier, trotz bestem Willen zur Zusammenarbeit, am Anfang deutlich spürbar, dass auseinanderklaffende Meinungen in bezug auf die Zielsetzung der Norm einem Konsens im Wege standen. Hierzu ein Beispiel.

Nach britischer Auffassung besteht die Hauptaufgabe einer Brandmeldezentrale darin, im Falle eines Brandes die Menschen akustisch zu warnen.

Dieser Meinung waren die Vertreter der deutschsprachigen Länder durchaus nicht. Für sie kommt der automatischen Übermittlung des Alarms zur Feuerwehr die höchste Bedeutung zu.

Aus der britischen Auffassung folgt logischerweise, dass der Ansteuerung der Alarmgeräte erste Priorität zukommt, während die Vertreter D, A und CH die automatische Fernübermittlung des Alarms als Minimalanforderung betrachten.

Eine ganze Reihe ähnlicher Beispiele könnten angeführt werden, die zeigen, wie sehr die Meinungen über Minimalanforderungen auseinandergingen.

Wie sieht nun in solchen Fällen ein Kompromiss aus?

Grund für die Meinungsverschiedenheiten war i.d.R. der unterschiedliche Stand der Technik in den einzelnen Ländern sowie Unterschiede in der Alarmorganisation.

Bedenkt man, dass es darum ging, eine Norm zu schaffen, die sowohl auf Kleinzentralen als auch auf Gross-Systeme anwendbar ist, so leuchtet ein, dass nach Möglichkeiten der Differenzierung gesucht werden musste. Eine Einheitszentrale für alle Anwendungen wäre ein fauler Kompromiss, der die Kleinzentrale prohibitiv verteuern und die Grosszentrale mit zu wenig "features" ausstatten würde.

Der Kompromiss wurde in folgendem Ansatz gefunden:

In der Norm EN54/2 wird eine Anzahl von Leistungsmerkmalen beschrieben, von denen jedoch nur ein Teil eine Muss-Bedingung darstellt. Der Rest wird als Optionen mit Anforderungen bezeichnet, die ein Hersteller frei wählen kann. Tut er dies jedoch, so muss die Option die vorgeschriebenen Bedingungen erfüllen.

Hierdurch wird der Weg zu einer Klassifikation von Brandmelderzentralen eröffnet, die es erlaubt, je nach Art der Anwendung eine mehr oder weniger anspruchsvolle Version zu wählen, was auch aus Gründen der Wirtschaftlichkeit die beste Lösung sein könnte. Die Klassifizierung kann das Bindeglied zwischen Geräteanforderungen und Anwendungsrichtlinien darstellen.

Die in Fig.1 dargestellte Tabelle ist dem Entwurf von EN54/2 entnommen und soll zeigen, wie eine Klassifizierung aussehen könnte. Sie ist nach den Gesichtspunkten "Übertragung von Signalen" und "Anzeige und Bedienung" vorgenommen.

Ein anderes Beispiel, welches ich herausgreifen möchte, bezieht sich auf Diskussionen über die Systemgrenzen.

Abschnitt	Funktion in EN54-2	A	B	C	D
2.2	<b>BRANDMELDEZUSTAND</b>				
2.2.1.2	Allgemeine Anzeige	X			
2.2.1.3	Meldergruppenanzeige oder Alphan. Anzeige unter 3.2.2.2 und 3.2.2.3	X			
2.2.2	Anzahl der Alarme oder gleichzeitige Anzeige	X			
2.2.3	"Weiterschalten"	X			
2.2.6	Separates "Fenster" für "Brandmeldezustand"			X	
2.10	Rückstelltaste	X			
2.2.11	Akustischer Meldergruppenalarm	X			
2.2.12	Abstellen des akustischen Alarms	X			
2.2.13	C von EN54/1		X		
2.2.14	Abstellen von C			X	
2.2.15	Wiederanstellen von C			X	
2.2.16	Manuelles Anstellen von C			X	
2.2.17	E von EN54-1		X		
2.2.18	G von EN54/1			X	
2.2.19	Allgemeiner Alarmausgang	X			
2.3	<b>STÖRUNGMELDEZUSTAND</b>				
2.3.1.1	Meldelinie	X			
2.3.1.2	Übertragungsweg zu C		X		
2.3.1.3	Energieversorgung	X			

Fig. 1: Klassifikationstabelle aus der Europannorm (Entwurf) EN 54

Die Frage lautet: Sollen in einer Norm funktionelle Grenzen einer Zentrale vorgeschrieben werden, wie beispielsweise die Zahl der anschliessbaren Melder?

Auch hier gehen die Meinungen stark auseinander. Zunächst muss festgehalten werden, dass es nicht Aufgabe einer Gerätenorm sein kann, die Anwendung zu regeln oder eine sinnvolle Anwendung zu garantieren. Dies muss Gegenstand anderer Vorschriften, z.B. der Versicherer, sein.

Es würde auch gegen den Grundsatz der Prüfbarkeit verstossen, wenn in der Norm Anforderungen enthalten wären, die nur in der Anlage überprüft werden können. Wie soll eine Prüfstelle bescheinigen, dass an eine Zentrale z.B. nicht mehr als 500 Melder angeschlossen werden können? Eine solche Forderung würde verlangen, dass beim Anschluss des 501. Melders eine Störungsanzeige ausgelöst würde.

Die Systemgrenzen müssen vom Hersteller in den technischen Unterlagen klar beschrieben werden, sodass sie von der Prüfstelle simuliert werden können. Es genügt, wenn die Richtigkeit der Herstellerangaben überprüft wird.

Ein französischer Vorschlag zu diesem Thema wurde gutgeheissen. Er geht davon aus, dass es nicht darauf ankommt, wieviele Melder an eine Meldelinie angeschlossen sind, sondern wieviele im Falle eines Leitungsfehlers ausfallen können. Man muss sich nur noch über die Zahl der Melder einigen, die ausfallen dürfen.

Aus den Herstellerangaben muss eindeutig hervorgehen, wieviele Melder an eine Meldelinie anschliessbar sind, wenn ein korrektes Funktionieren des Systems garantiert werden soll. Ist diese Zahl grösser als die in der Norm festgelegte, so muss der Hersteller Mittel, z.B. Trennglieder, vorweisen, mit deren Hilfe erreicht wird, dass die Ausfallbedingung erfüllt ist.

Unter diesem Aspekt erscheint eine Begrenzung, z.B. der Melder pro Linie, als nicht unbedingt sinnvoll.

Es gibt natürlich noch andere Argumente, welche dafür sprechen, dass aus Gründen der Verfügbarkeit oberhalb einer bestimmten Grösse Redundanz-Forderungen gestellt werden müssen. Aber auch hier könnte man die französische Betrachtungsweise zugrunde legen.

Als letztes Beispiel möchte ich die Anforderungen an die Software bei uP-gesteuerten Zentralen erwähnen.

Hierbei handelte es sich erwartungsgemäss um ein sehr schwieriges Thema. Man war sich darüber einig, dass eine vollständige Prüfung von Software im Rahmen einer Typenprüfung aus Gründen des damit verbundenen Aufwandes nicht möglich ist.

Diese Aufgabe wurde an eine kleine Sub-Arbeitsgruppe von Softwareexperten delegiert. Da es sich hier um ein rein technisches Problem handelte, wurde schnell die gleiche Sprache gesprochen und ein tragbarer Kompromiss gefunden. Die Norm beschränkt sich darauf, Anforderungen an die Dokumentation der Software zu beschreiben, die es u.a. erlauben, die Entwicklungsqualität zu beurteilen. Der heikle Punkt der Vertraulichkeit des "Source-Codes" wurde dadurch umgangen, dass dieser Teil der Dokumentation in Händen des Herstellers verbleibt, allerdings auf Wunsch der Prüfstelle zur Einsicht freigegeben wird.

Die Erarbeitung dieser Norm erstreckte sich über einen Zeitraum von ca. 3 Jahren, wobei berücksichtigt werden muss, dass dies schon den zweiten Versuch darstellt. Die Frage erscheint daher berechtigt: War die Art und Weise des Vorgehens richtig?

Auch auf dem Gebiet der europäischen Normierung kann von einem Know-how gesprochen werden, und wir haben unser Lehrgeld gezahlt. Verfahren, die sich im nationalen Bereich gut bewährt hatten, führten hier nicht zum Erfolg.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass, selbst wenn eine Gruppe ausgewählter Experten eine Norm erarbeitet hat, noch bei weitem keine Garantie besteht, dass der Entwurf in den nationalen Gremien auch angenommen wird. Hier weiss man zunächst nichts von dem harten Ringen um einen Kompromiss und neigt manchmal zu der Ansicht, man habe zu schnell nachgegeben.

Es ist nicht sinnvoll, in der Arbeitsgruppe bis zur Klärung des letzten Details an einem Entwurf zu feilen. Die Arbeit sollte in einer ersten Phase möglichst schnell soweit abgeschlossen werden, dass nationale Kommentare eingeholt werden können. Auf der Basis dieser Stellungnahmen sollte die Arbeitsgruppe dann das definitive Dokument erarbeiten. Ich glaube, dass diese Arbeitsweise am schnellsten zum Ziele führt.

Ich hoffe, Ihnen mit meinen Ausführungen einen Einblick in die Tätigkeit des CEN auf dem Gebiet der Brandentdeckung vermittelt zu haben. Die internationale Normenarbeit hat sich hohe Ziele gesetzt, welche nur erreicht werden können, wenn alle beteiligten Interessengruppen motiviert mitmachen und bereit sind, Experten in die entsprechenden Arbeitsgruppen zu delegieren. Bestimmte ungeschriebene Spielregeln müssen jedoch beachtet werden.

Zunächst ist ein gewisses Umdenken nötig, bis sich die Erkenntnis durchsetzt, dass das eigene, nationale Normenwerk nicht der Nabel der Welt ist. Der Umstand, dass ein Land bereits eine Norm besitzt, berechtigt nicht zu der Haltung, diese Norm als Basis für eine Euronorm zu betrachten.

Der Weg zu europäischen Normen ist zweifelsohne mit Dornen gepflastert. Doch darf ich aus meiner Sicht behaupten, dass die positiven Aspekte und Erfahrungen bei weitem die negativen überwiegen. Die in die verschiedenen Arbeitsgruppen delegierten Experten lernen sich immer besser kennen und einander verstehen. Auch der Wert des hierbei stattfindenden Erfahrungsaustausches darf nicht unterschätzt werden.

Es ist deutlich spürbar, wie ein europäisches Denken entsteht, welches die nationalen Grenzen überschreitet. Die Industrie versteht sich mehr und mehr als Bestandteil eines grossen europäischen Marktes, in dem gleiche Wettbewerbsbedingungen für alle geschaffen werden müssen. Ich halte den freien ungehinderten Warenaustausch in Europa nicht mehr für eine Illusion. Ob dieses Ziel nun bereits 1992 oder etwas später realisiert wird, ist m.E. sekundär. Wichtig ist, dass die Entwicklung nicht mehr aufzuhalten ist und in die richtige Richtung weist.

Die europäische Normierung wird hierbei eine bedeutende Rolle spielen und die Massstäbe für einen europäischen Qualitätsstandard setzen.



J. Kaiser

Zentralstelle für Brandverhütung, Wien, Austria

## Applikationsrichtlinien für Brandmeldeanlagen

aus der Sicht 1992/93

### **Einleitung**

Die Jahreswende 1992/93 ist in aller Munde, wird doch mit ihr das Tor zu einem wahrscheinlich ganz neuen Europa geöffnet. Sind auch die zu diesem Schritt notwendig gewesen Impulse nicht in der Sicherheitstechnik anzusiedeln, die Auswirkungen auf die einschlägige Richtlinienarbeit sind gewaltig. Ohne dabei die mit dieser Fallfrist verbundenen Schwierigkeiten verkennen zu wollen, sie sollte als sich wahrscheinlich nur einmal bietende Herausforderung verstanden und mit der vornehmen Zielsetzung bewältigt werden, das Finden und Festlegen eines erforderlichen Sicherheitsniveaus einerseits und das Beseitigen von Handelshemmnissen, die von technischen Richtlinien ausgehen können andererseits zu einer Symbiose zu führen. Ist ein würdiger Anlaß denkbar, grundsätzliche Anforderungen, die Sicherheitsrichtlinien im allgemeinen und Applikationsrichtlinien für Brandmeldeanlagen im besonderen erfüllen sollten, zusammenzufassen und zur Diskussion zu stellen ?

### **Von der Theorie zur Praxis**

Das Entstehen eines Brandes, seine Ausbreitung und Auswirkungen, die Änderungen der Umwelt in der engeren und weiteren Umgebung eines Brandes und die zeitliche Abhängigkeit dieser Änderungen - dies alles und noch einiges mehr, was für die automatische Branderkennung und deren Umsetzung in eine wirksame Maßnahme des vorbeugenden Brandschutzes von

Bedeutung ist, gehorcht naturwissenschaftlichen und nur naturwissenschaftlichen Gesetzen. Diese Gesetzmäßigkeiten sind vielfach sehr komplex, teilweise sogar noch nicht in allen ihren Dimensionen ausgelotet. Umsomehr ist es notwendig, daß moderne Normen und Richtlinien für Brandmeldeanlagen unter wesentlicher Mitarbeit der Wissenschaft erstellt werden und in ihrer Endfassung dann auch von der Wissenschaft mitgetragen werden können.

Andererseits darf ein derartiges Richtlinienwerk und sein Erstellen nie zum Selbstzweck werden sondern hat dem Ziel zu dienen, sicherzustellen, daß in der Praxis dem tatsächlichen Schutzbedürfnis entsprechende Brandmeldeanlagen errichtet und betrieben werden und so ein wirksames Instrument zum Schutz von Personen und Sachwerten vor der Brandgefahr bilden.

Daher:

Das Erstellen, Betreuen und Anwenden von Applikationsrichtlinien für Brandmeldeanlagen ist ein täglich neu zu vollziehender Brückenschlag zwischen Theorie und Praxis, die Seriosität und Qualität der Richtlinien bestimmen die Tragfähigkeit der Brücke.

#### **Der gemeinsame Nenner**

Der Kreis der an Applikationsrichtlinien für automatische Brandmeldeanlagen aus welchem Grund auch immer Interessierten ist groß und von der jeweiligen Interessenslage her gesehen recht vielfältig:

- Die Behörden sehen unter Wahrnehmung der ihnen übertragenen Aufgaben vielfach erst durch den Einbau automatischer Brandmeldeanlagen die Möglichkeit, Gebäude zu genehmigen. Im öffentlich-rechtlichen Bereich defi-

nierte Schutzziele, wie Personenschutz, Schutz der Anrainer und in neuerer Zeit auch der Umweltschutz bilden dabei den Schwerpunkt, die automatische Brandmeldeanlage soll jedenfalls gefährdete Personen warnen und durch die zeitgerechte und verlässliche Alarmierung der Feuerwehr ihren Beitrag zur Beschränkung der Brandausbreitung leisten.

- Für den Feuerversicherer kann die Überwachung des versicherten Gebäudes samt dessen Inhalt durch eine automatische Brandmeldeanlage sehr wohl eine Risikoverbesserung darstellen, die Höhe einer derartigen Risikoverbesserung ist aber untrennbar mit dem erzielbaren Einfluß auf die Schadenausbreitungswahrscheinlichkeit verbunden, welche Ausbreitungswahrscheinlichkeit nicht mit der Brandausbreitungswahrscheinlichkeit ident ist sondern noch von weiteren Parametern, z.B. der Wertkonzentration, der Wahrscheinlichkeit der Verfügbarkeit der Anlage, der Wahrscheinlichkeit der Wirksamkeit der Anlage und der Alarmorganisation, abhängt.
  
- Der Eigentümer und/oder Betreiber einer Brandmeldeanlage sieht vor allem dann seine Interessen durch einen niedrigen Preis am besten wahrgenommen, wenn die Anlage nicht seinem ureigenen Schutzbedürfnis sondern "nur" einer Behördenauflage ihr Dasein verdankt. Aber auch dort wo das Errichten einer automatischen Brandmeldeanlage nicht nur als Erfüllung einer lästigen Behördenauflage empfunden sondern als Entscheidung im Rahmen eines verantwortungsbewußten Riskmanagements verstanden wird, kommt der Kosten/Nutzen-Frage - bei den Kosten sowohl Anschaffungs- als auch Betriebskosten - ein hoher Stellenwert zu. Spätestens in solchen Situationen wird es aber auch im Interesse des Betreibers der Anlage liegen, eine seinem tatsächlichen Schutzbedürfnis adäquate Anlage zu haben, wobei sich

dieses Schutzbedürfnis mit der Interessenslage der Behörde und/oder des Feuerversicherers nicht unbedingt decken muß.

- Für die mit dem Errichten von Brandmeldeanlagen und dem Entwickeln und Erzeugen der Anlagenkomponenten befaßte Industrie und Wirtschaft wieder ist die Brandmeldeanlage Gegenstand eines Unternehmer-Zieles, das in einer freien Marktwirtschaft zu erreichen und zu verteidigen ist.
- Die Feuerwehren haben von allem Anfang in Brandmeldeanlagen ein wertvolles Hilfsmittel gesehen, mit noch leicht zu beherrschenden Brandsituationen konfrontiert zu werden und damit erfolgreich sein zu können. Mit wachsender Anlagendichte gesellte sich zu diesem Interesse die Abwehr von Einsätzen, die zwar durch eine Brandmeldeanlage ausgelöst aber nicht mit einem Brandfall verbunden sind sowie der legitime Wunsch nach möglichst einheitlicher und einfacher Bedienung der Anlagen.

Vorerst eine hoffentlich nicht notwendige, zur Sicherheit aber doch gemachte Randbemerkung: Diese Aufzählung erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, die gewählte Reihenfolge ist willkürlich und drückt damit nicht Prioritäten aus.

Es ist nur allzu verständlich, daß jeder in Applikationsrichtlinien für Brandmeldeanlagen seine Interessenslage voll berücksichtigt finden möchte. Allen diesen Wunsch zu erfüllen, muß noch nicht zwangsläufig die Quadratur des Kreises bedeuten.

Zunächst gilt es, den gemeinsamen Nenner in Form der Festlegung

- aller Schutzziele, die durch automatische Brandmeldeanlagen erreicht werden können oder sollen
- und
- der daraus abgeleiteten, vom jeweiligen Schutzziel abhängenden grundsätzlichen Anforderungen, die eine automatische Brandmeldeanlage zu erfüllen hat,
- zu finden und in einer Rahmenrichtlinie zusammenzufassen. Auf diese Basisrichtlinie können dann ins Detail gehende Richtlinien aufbauen, die der Interessensvielfalt z. B. dadurch Rechnung tragen, daß für einzelne Interessenssphären eigene Richtlinienwerke erstellt und betreut werden.

Eine derartige Struktur der zukünftigen Applikationsrichtlinien für Brandmeldeanlagen bietet mehrere Vorteile. Zunächst ist einmal davon auszugehen, daß zumindest eine Rahmenrichtlinie völlig frei von technologiebezogenen Aussagen gehalten werden kann und so eine Regel zur Verfügung steht, die weder der technischen Entwicklung nachteilig noch sie hemmt sondern ihr als Orientierung, ja vielleicht sogar als Innovation dient. Damit gäbe es aber endlich eine Unterlage, deren Inhalt und Formulierungen längere Zeit Gültigkeit haben. Als weiterer Vorteil einer derartigen Struktur ist zu vermerken, daß mit der Rahmenrichtlinie ein Maßstab zur Hand ist, mit welchem die Güte der Detailrichtlinien gemessen werden kann. Schließlich ist eine Rahmenrichtlinie als Zusammenfassung aller jener grundsätzlichen Feststellungen, die von keiner Seite in Frage gestellt werden, von höchstem Informationsgehalt für den Besitzer und Betreiber von Brandmeldeanlagen, der meist bezüglich Brandmeldeanlagen nicht als Insider zu verstehen ist und dem daher nur selten abverlangt werden kann, sich mit dem detaillierten Richtlinienwerk vertraut zu machen.

Daher:

Applikationsrichtlinien für Brandmeldeanlagen dürfen nicht als kleinster gemeinsamer Nenner erstellt werden. Der gemeinsame Nenner ist vielmehr eine Rahmenrichtlinie, die die Funktion einer Verfassung hat, in welcher alle grundsätzlichen Anforderungen an Brandmeldeanlagen zusammengefaßt sind und die von der Tatsache ausgeht, daß Brandmeldeanlagen verschiedenen Schutzzieleen folgen können. Auf die Rahmenrichtlinie müssen dann die ins Detail gehenden Richtlinien widerspruchsfrei aufbauen.

#### Brandmeldeanlagen sind Brandschutzanlagen

Automatische Brandmeldeanlagen und die mit ihnen verbundenen Alarmorganisationen können verschiedenartigen Schutzbedürfnissen gerecht werden. Die Palette reicht vom Vollschutz eines Gebäudes und seines Inhaltes nach den Prinzipien des Sachwertschutzes, durch welches Konzept auch das höchste, von einer Brandmeldeanlage zu erwartende Ausmaß an Personenschutz erzielt wird, über den Teilschutz zur Ansteuerung automatischer Löschanlagen bis hin zur Fluchtwegüberwachung, bei welchem sich der Überwachungsbereich, soll dieses Konzept wirksam sein, nicht auf den Fluchtweg allein beschränken darf. Da es sich immer um Brandschutzmaßnahmen handelt, können auch die Richtlinien, die sich mit diesen Maßnahmen beschäftigen, von ihrer Natur her nur Brandschutzrichtlinien sein. Wird dieser Schluß als zulässig akzeptiert, bedeutet das in letzter Konsequenz folgendes:

- Ergeben sich beim Erstellen der europäischen Applikationsrichtlinien für Brandmeldeanlagen aus den beiden Aufgaben, nämlich Handelshemmnisse zu beseitigen einerseits und Brandschutzrichtlinien zu erarbeiten

andererseits, unüberwindbare Auffassungsunterschiede, sollte dem Brandschutz die höhere Priorität zukommen. Dieses Postulat steht mit der in der Einleitung gemachten Aussage, die beiden erwähnten Aufgaben könnten zu einer Symbiose geführt werden, dann nicht in Widerspruch, wenn auch dieser Symbiose ein organisches Werden zugestanden und nicht ein Gemachtwerden - und das noch unter Zeitdruck - zugemutet wird.

Spätestens an dieser Stelle ist darauf zu verweisen, daß die brandschutztechnische Wirksamkeit einer Maßnahme untrennbar mit dem Ausmaß an Identifikation verbunden ist, das die Menschen, die tagtäglich mit der gewählten Brandschutzmaßnahme zu leben haben, entgegenbringen. Dies ist für Brandmeldeanlagen umso mehr von Bedeutung, als ihre Wirksamkeit im Brandfall sehr wesentlich auch von der Alarmorganisation, also letztlich vom Menschen abhängt, der hinter der Anlage steht und aktiv zu werden hat. Solange es also in Europa regionalspezifische Einstellungen der Bevölkerung gegenüber Sicherheitsfragen im allgemeinen und dem Brandschutz im besonderen gibt, sollten die detaillierten Applikationsrichtlinien auch für regionalspezifische Lösungen Platz bieten. Die nach wie vor immer größer werdende Mobilität der Europäer wird diese Notwendigkeit bald kleiner werden und dann verschwinden lassen.

- Wird dem Brandschutz bei der Erstellung von Applikationsrichtlinien für Brandmeldeanlagen dieser Führungsanspruch zugestanden, dann hat er ihn wahrzunehmen und ihm gerecht zu werden. Das heißt unter anderem Verständnis, ja großes Verständnis für legitime Interessen der anderen, Engagement beim Erstellen und Betreuen des Richtlinienwerkes und heißt nicht zuletzt

auch der Wissenschaft und Forschung finanzielle Mittel zur Verfügung zu stellen.

- Für die Akzeptanz von Brandschutzrichtlinien in der Praxis ist unter anderem ihre Glaubwürdigkeit maßgebend. In sich nicht schlüssige oder gar widersprüchliche Richtlinien werden ebenso wenig glaubwürdig sein wie solche, die für einen Außenstehenden nicht nachvollziehbar sind.

Ein Beispiel gefällig ? Schon heute bietet die automatische Brandmeldetechnik mehrerer Prinzipien der Brandentdeckung an, Rauchmelder, Wärmemelders, Flammenmelder, punktförmige Melder, linienförmige Melder und vieles andere mehr. Und diese Vielfalt wird sicher noch steigen. Lassen die Applikationsrichtlinien für die Lösung des gleichen Problems der automatischen Brandentdeckung mehrere Prinzipien zu, ist es wohl nur recht und billig, in den Richtlinien auch einen Hinweis zu finden, inwieweit die verschiedenen Problemlösungen brandschutztechnisch gleichwertig sind.

**Daher:**

Applikationsrichtlinien für Brandmeldeanlagen sind als Brandschutzrichtlinien zu verstehen, die auch Handelshemmnisse beseitigen sollen. Der Erfüllung ihrer brandschutztechnischen Aufgabe käme es unter anderem sehr entgegen, könnten sie in der einen oder anderen Detailbestimmung für eine bestimmte Übergangszeit auf regionalspezifische Gegebenheiten Rücksicht nehmen.

**Ein weiteres Beispiel: Terminologie**

Die Qualität von Richtlinien äußert sich nicht nur durch die in den Richtlinien getroffenen Aussagen sondern spiegelt sich auch in der gewählten Terminologie wieder. Die



automatische Brandentdeckung und Brandmeldung ist ein Fachgebiet, in welchem Informatik und Brandschutz zusammenfinden. In den zur Zeit geltenden Richtlinien finden sich Terminologien, die dem brandschutztechnischen Element recht und schlecht, den Ansprüchen der Informatik wohl kaum gerecht werden.

Um im deutschen Sprachbereich zu bleiben: Da beginnt es bereits beim Begriff "Brandmelder". Diese Bestandteile einer Brandmeldeanlage melden ihrer Zentrale, der "Brandmelderzentrale", schon längst mehr als einen Brand, soweit ihnen überhaupt noch die Entscheidung "Brennt es oder brennt es nicht?" noch zugemutet wird oder werden sollte. Am anderen Ende des Übertragungsweges, dem Anzeigefeld der Brandmelderzentrale, wird aus dieser Meldung dann ein "Brandalarm", obwohl der zur Brandmelderzentrale Eilende sich meist nicht als Alarmierter versteht und verhält, sondern diese Information als Warnung auffaßt.

Daher:

Applikationsrichtlinien für Brandmeldeanlagen sollten in jeder Hinsicht "stimmen". Die Terminologie und ähnliches sind nicht Nebensächlichkeiten, dort Schwachstellen zu haben, ist für die Richtlinien mehr als ein Schönheitsfehler.

### **Zusammenfassung**

Mit 1993 in einem sehr großen Teil Europas einen Markt zu haben, der frei von Handelshemmnissen ist, ist ein strahlendes Vorhaben. Es gibt nicht nur die Chance sondern zwingt dazu, auch zu modernen europäischen Applikationsrichtlinien für Brandmeldeanlagen zu kommen und dabei sehr viel an Vergangenheit zu bewältigen.

Doch wo Licht ist, ist auch Schatten. In der zur Zeit Europa überrollenden Flut an Richtlinienarbeit ist manchmal der Eindruck nicht mehr zu verdrängen, der Erfolg läge nicht im Grundsätzlichen sondern im Detail, nicht in der Qualität sondern in der Menge. Für Sicherheitsrichtlinien kann dies keinesfalls hingenommen werden.

Auch deswegen wurden die grundsätzlich an Applikationsrichtlinien für Brandmeldeanlagen zu stellenden Anforderungen in einigen wenigen Thesen zusammengefaßt und zur Diskussion gestellt. Ein Konsens über solche Grundsätze könnte die landauf und landab laufende Richtlinienarbeit effizienter gestalten.

J.C. ROUX

Comité Européen des Assurances - c/o APSAIRD - Paris - France

**Situation Internationale en matière de Normalisation, d'Essais et de Certification de Matériels et d'Entreprises Installatrices**

**Introduction**

Les assureurs ne peuvent se contenter d'enregistrer les sinistres et de répartir passivement primes et indemnités. Ils doivent assumer leur fonction de protection contre les risques et pour cela "faire de la prévention" c'est-à-dire étudier les systèmes et/ou les moyens matériels de réduire efficacement le nombre et l'importance des sinistres.

Pour ce faire, les assureurs interviennent en matière de prévention contre l'incendie essentiellement selon les trois modes d'action complémentaires suivants :

- 1) ils sélectionnent les matériels constitutifs des systèmes de protection ;
- 2) ils établissent des règles pour l'installation de ces systèmes ;
- 3) ils sélectionnent des installateurs.

C'est donc bien volontiers que j'ai répondu à l'invitation du Professeur Luck d'exposer la position des assureurs européens sur un certain nombre de questions suscitées par la mise en application de la Directive Communautaire "Produits de la Construction".

En effet, au début de la période inévitablement confuse qui nous mènera à 1993, il me paraît préférable de dire clairement les positions prises sans ambiguïté ou les dispositions en cours d'étude par le Comité Européen des Assurances (CEA). Je bornerai toutefois mon propos à la situation en matière :

- . de normalisation européenne,
- . de reconnaissance réciproque des résultats d'essais et des certifications de matériels,
- . de qualification d'entreprises installatrices.

**Normalisation européenne**

**Norme de matériels** - Il ne paraît pas inutile de rappeler la contribution passée et actuelle du CEA aux travaux de normalisation

de la détection d'incendie. Ce rappel permet de mieux comprendre les décisions prises récemment, en juin 1989, par la Commission Incendie du CEA.

Dès sa création, au début des années 1950, le CEA a mené et/ou financé des études, recherches et travaux divers concernant, entre autres systèmes de sécurité, la détection d'incendie. Depuis la constitution du CEN TC 72, sa contribution aux travaux de ce dernier s'est traduite :

- . par une participation active et compétente des représentants de l'assurance à l'ensemble des travaux effectués,
- . par de très nombreuses propositions techniques concernant tous les types de matériels. Ces propositions ont été depuis adoptées pour l'essentiel. Encore tout récemment, le CEA a proposé des spécifications détaillées et concrètes concernant les tableaux de signalisation à logique programmée.

Ainsi, c'est un fait reconnu que les principales parties de la norme européenne EN 54 ont pour base les règles techniques (spécifications techniques et méthodes d'essais) mises au point précédemment par le CEA.

Quant au futur qui, bien naturellement, nous préoccupe, que peut-on dire en matière de normalisation ?

D'une part, les innovations notamment de la micro-électronique, de la technique d'analyse sensorielle et de l'informatique permettent une évolution technique de la détection d'incendie. D'autre part, les problèmes connus : alarmes intempestives et coût élevé des systèmes de détection, permettent de penser que leurs fabricants tenteront, par la mise en oeuvre de nouvelles technologies, d'aboutir à une extension de l'installation d'alarme incendie.

Enfin, les nouveaux détecteurs doivent montrer une capacité de détection identique ou meilleure que celles des détecteurs utilisés jusqu'à présent et contribuer à réduire les taux d'alarmes intempestives.

Quant aux assureurs, ils doivent s'efforcer de ne pas entraver une amélioration potentielle de la technique de détection et de sauvegarder le niveau de qualité existant en la matière. Pour ce faire, ils devront continuer à suivre en permanence l'évolution technologique appliquée à la technique de détection pour définir en

temps voulu les amendements nécessaires de leurs prescriptions. A cet égard, il apparaît nécessaire - et des travaux CEA sont en cours à ce sujet - de déterminer l'incidence des perspectives de développement technique sur la testabilité des systèmes de détection d'incendie. Une installation va s'assimiler de plus en plus à un système d'éléments constitutifs interdépendants. Déjà, les différents organes constitutifs des détecteurs et des tableaux de signalisation ne peuvent plus être testés indépendamment les uns des autres ou être échangés contre d'autres composants testés. D'où la nécessité de modifier les prescriptions existantes.

Il faut s'attendre également à voir se développer de nouveaux types de capteurs et de nouveaux détecteurs multi-fonctions rendant nécessaire, après vérification de l'applicabilité de l'EN 54, une modification des essais de sensibilité aux foyers-types et de la méthodologie de fonctionnement dans l'essai de base, ce qui conduira à l'élaboration de nouveaux développements de la norme. Autrement dit :

**Il est certain que la norme EN 54 devra évoluer dans ses parties existantes et être complétée fréquemment sauf à devenir rapidement obsolète.**

Sur un tout autre plan, il est également prévisible que passé l'échéance de 1992, les travaux de normalisation ne pourront être poursuivis au même rythme qu'actuellement ne serait-ce qu'en raison du nombre réduit des experts et du fait, qu'appartenant à l'industrie et à l'assurance, ils ne peuvent être longtemps des "quasi permanents" de la normalisation.

Enfin la normalisation internationale qui devrait définir les exigences de référence en matière de qualité des systèmes de détection d'incendie est encore incomplète. Par suite, après 1992, si toutes les parties de la norme EN 54 n'ont pas été adoptées, les pays qui ont mis au point des normes de sécurité d'un bon niveau risquent de voir leur marché envahit par des matériels de médiocre qualité actuellement fabriqués selon des normes nationales moins exigeantes.

Ceci étant, les assureurs continuent à travailler au sein du CEA sur ce sujet et financent actuellement plusieurs contrats de recherche et de développement en matière de détection. De même, ils continueront à participer aux travaux de normalisation européenne. Cependant, ayant

fait l'analyse à laquelle nous venons de nous livrer, ils ont décidé, à l'unanimité, de conserver des règles de matériels quelque puissent être les normes CEN correspondantes :

"Les associations nationales sont convenues entre elles de conforter par leurs actions toutes celles menées par le CEA pour que des normes européennes harmonisées de qualité suffisante soient établies pour toutes les composantes des systèmes fixes de détection d'incendie (1). Le CEA doit néanmoins conserver des règles de matériels (spécifications techniques et méthodes d'essais) tant pour les composants desdits systèmes que dans d'autres domaines non normalisés au plan européen".

Norme d'installation - S'agissant de la mise à l'étude récemment décidée par le CEN d'une norme d'installation des systèmes de détection d'incendie, les assureurs observent :

- . que, par opposition aux normes de matériels, l'existence de normes d'installation ne conditionne pas l'achèvement du marché intérieur de la CEE,
- . que le besoin d'une norme européenne d'installation n'est ni impératif ni urgent puisqu'une règle harmonisée (la règle CEA établie en concertation avec EURALARM) existe qui est déjà utilisée dans la plupart des pays d'Europe, même si c'est sous la forme de normes nationales auxquelles les réglementations font référence.

Précisons que ces normes ou règles officielles reprennent l'essentiel des règles d'installation des assureurs, par quasi nécessité. En effet, s'il en était autrement, les assureurs pourraient être amenés à refuser tout rabais de prime pour des installations non conformes à leurs exigences bien que prescrites par les pouvoirs publics. Leurs utilisateurs seraient alors privés d'une possibilité d'amortissement souvent non négligeable.

Par ailleurs, la proportion des établissements non assurés car propriété de l'Etat s'amenuise rapidement en raison, notamment, du désengagement de celui-ci au profit des collectivités locales qui, elles, ne sont pas en position d'être leur propre assureur.

(1) En fait, la décision vaut aussi pour tous les systèmes fixes d'extinction automatique (eau, CO<sub>2</sub>, halon, poudre et mousse) ainsi que pour les systèmes fixes de désenfumage automatique.

Au demeurant, les assureurs estiment devoir garder la maîtrise des règles d'installation auxquelles ils se réfèrent pour pouvoir réagir très rapidement en y intégrant notamment, les enseignements tirés des sinistres. Enfin, parce qu'ils paient les dommages si les installations de surveillance et/ou de protection ne fonctionnent pas, les assureurs ont et continuent à beaucoup travailler sur ces sujets et à financer de très onéreux essais en grandeur. C'est également pourquoi ils ont créés les seuls laboratoires d'essais importants qui existent dans ces domaines en Europe.

Pour toutes ces raisons, les assureurs européens ont adopté, à l'unanimité également, la motion suivante :

**"Les associations nationales membres de la Commission Incendie du CEA conviennent entre-elles :**

**. de faire une transposition stricte dans leur pays des règles d'installation du CEA concernant les systèmes fixes de détection automatiques d'incendie (1).**

**Etant entendu que ces règles intégreront dorénavant les dispositions propres à certains pays en raison, par exemple, de leur climat ou de leur procédure locale d'acceptation des installations ou encore de leur législation ou réglementation.**

**. de procéder à l'annulation de toute règle contradictoire".**

Ainsi donc :

**1. les assureurs participeront aux travaux de normalisation concernant les installations pour que les normes européennes ne soient pas en contradiction avec leurs exigences,**

Ceci étant, le CEA et EURALARM mettront à disposition du CEN les règles d'installation déjà harmonisées susceptibles de servir de base à l'établissement d'une norme cadre européenne compatible avec les différentes prescriptions nationales actuellement appliquées en Europe. Nous estimons en effet que la norme CEN d'installation ne doit pas être détaillée mais constituer le plus petit commun dénominateur des documents nationaux utilisés actuellement. C'est là le seul moyen de continuer d'éviter que des installations ne soient pas prises en considération par les assureurs alors qu'elles auraient été prescrites par les pouvoirs publics se référant uniquement à une norme CEN détaillée mais qui n'aurait pas évolué suffisamment vite.

Au demeurant, les pays qui souhaiteraient disposer de documents normatifs plus détaillés que la norme cadre CEN pourront adopter une norme nationale complémentaire à charge pour eux de l'amender, dès que nécessaire, très rapidement ; ce qui n'est réalisable qu'au niveau national et seulement dans certains pays.

2. les règles CEA de matériels et d'installation, que les assureurs souhaitent continuer à faire évoluer en concertation avec les associations européennes des industriels de la sécurité, continueront à exister quelles que soient les normes européennes correspondantes ; normes dont elles tiendront, autant que possible, compte.

#### Reconnaissance réciproque des résultats d'essais et des certifications

Dans la plupart des pays européens l'association nationale des assureurs ou, parfois, l'organisme de normalisation sélectionne des matériels de détection. Toutefois, si les méthodes d'essais sont assez homogènes parce qu'issues des règles techniques CEA, les modalités complémentaires de sélection utilisées sont le plus souvent différentes puisque selon les pays :

- . soit seuls des essais de type sont effectués ;
- . soit ces essais sont complétés par une inspection des lieux de production afin de vérifier la capacité du constructeur à fabriquer des produits conformes ;
- . soit ces deux "opérations" sont complétées par une surveillance appropriée de la production de série.

Bien que dans tous les cas il s'agisse d'une sélection de matériels par tierce partie, cette grande diversité des pratiques nationales rend très difficile toute comparaison. Elle contraint les fabricants à solliciter l'homologation de leurs matériels dans chaque pays et à les présenter aux différents laboratoires d'essais auxquels se réfèrent les assureurs en Europe. Il en résulte des surcoûts élevés et des délais d'homologation au plan européen difficilement compatibles avec la rapidité d'évolution technologique actuelle. Précisons toutefois qu'il existe déjà des accords de reconnaissance réciproque des résultats de certains essais entre les principaux laboratoires nationaux d'assurance d'Europe.



Cette situation, qui n'est pas propre au seul domaine de la sécurité, constitue une entrave certaine à l'achèvement du marché intérieur de la CEE. C'est pourquoi, la CCE veut fortement promouvoir la constitution d'accords de reconnaissance réciproque des résultats d'essais et/ou des certifications nationales.

A l'occasion de la concertation avec les associations des industriels de la Sécurité et à la suite de la parution du Livre Blanc de la CCE, la Commission Incendie du CEA a pris pleinement conscience de la nécessité de faire évoluer cette situation. Celle-ci dépend en grande partie des assureurs puisque, le plus souvent, se sont leurs associations nationales qui sélectionnent les matériels et des laboratoires créés et/ou gérés par les assureurs qui procèdent aux essais.

**Schématiquement l'objectif final que se sont fixé les assureurs européens est double :**

- . qu'il n'y ait plus de sélection de matériels, dépendant d'eux ou prise en considération par eux, qui ne soit pas une véritable certification par tierce partie ;
- . qu'un matériel certifié par l'organisme certificateur reconnu par les assureurs du pays de fabrication ou d'un autre pays européen, soit considéré **comme** tel par toutes les associations nationales d'assureurs.

Ceci suppose réunies les conditions suivantes :

- 1) qu'une norme européenne complète existe en matière de méthodes d'essais des systèmes de détection d'incendie ;
- 2) que, lorsque cette condition sera remplie, les résultats des laboratoires nationaux d'essais qui utiliseront cette norme soient homogènes ;
- 3) que les autres critères de certification, concernant notamment la qualité de la production de série, considérés par les organismes certificateurs soient équivalents ;
- 4) que toutes les associations nationales d'assureurs prennent en considération les certifications "reconnues".

Or, que constate-t-on ?

- une norme EN 54 existe mais qui n'est pas complète ce qui autorise certains pays à conserver des normes nationales différentes.

- Comme la majorité des organismes certificateurs d'autres domaines, ceux qui certifient les matériels de détection (organismes d'assurance nationaux ou organismes de normalisation dont la certification est reconnue par une ou plusieurs associations membres du CEA) imposent en général aux laboratoires auxquels ils font appel d'être accrédités par leur système national d'accréditation. Par contre, ils ne se préoccupent pas de l'homogénéité de leurs résultats avec ceux des autres laboratoires pris en compte par leurs homologues certificateurs étrangers.

Une campagne CEA d'essais comparatifs a été entreprise avec des détecteurs d'incendie, à la suite de laquelle la Commission Incendie du CEA s'est saisie de cette question ; son groupe de travail "Laboratoires" mène une réflexion à ce sujet. Il est nécessaire de résoudre ce problème pour arriver à une reconnaissance réciproque, beaucoup plus étendue qu'elle ne l'est actuellement, des résultats d'essais puis des certifications.

**Les systèmes nationaux d'accréditation des laboratoires, dont la plupart des pays d'Europe disposent ou ont décidé de se doter, certifient le système d'assurance qualité des laboratoires mais cette certification apparaît devoir être complétée par la reconnaissance de leur "compétence technique" en matière d'essais des systèmes de détection d'incendie.**

- A la suite des travaux menés par la CCE, eux-mêmes fondés sur les documents ISO/CEI, 7 normes européennes (série EN 45000) ont été établies pour jeter les bases de la doctrine européenne dans le domaine générique de la certification et des essais

#### **Qualification des installateurs**

La Commission Incendie du CEA n'ayant établi aucune recommandation en la matière, il existe une hétérogénéité certaine des conditions nationales de sélection d'installateurs.

Déjà les plus importants parmi les installateurs "agrés" se sont inquiétés auprès de certaines associations nationales de l'évolution de cette situation et ont souhaités une reconnaissance réciproque des qualifications délivrées par les assureurs nationaux. Par ailleurs,

il n'est pas impossible que d'autres installateurs, dont la qualification serait refusée dans leur pays mais qui estimeraient répondre aux conditions définies par une autre association, contestent les conditions de qualification appliquées dans leur pays.

**C'est pourquoi, la Commission Incendie du CEA a chargé sa Sous-Commission "Coordination des Travaux Techniques", puisque le problème est indépendant de la nature des systèmes de sécurité, de préparer un modèle de conditions de qualification des installateurs.**

S'appuyant sur les normes ISO 9000 définissant les modèles d'assurance qualité pour les entreprises et qui sont aussi reprises comme normes européennes (série EN 29000) ce modèle traitera également de l'appréciation des capacités techniques de l'entreprise. Il s'agit de compléter la certification du système d'assurance qualité qui évalue la cohérence et la stabilité de l'organisation, permettant la reproductibilité du service offert par l'entreprise, mais ne garantit pas le niveau de qualité des installations réalisées.

#### **CONCLUSION**

Il s'agit de tirer partie des travaux menés par les assureurs tant au plan européen - depuis plus de 30 ans - qu'au plan national - souvent depuis plus longtemps encore - en matière de sélection des matériels de sécurité contre l'incendie et de leurs installateurs.

Du fait de cette antériorité, ce sont en général les organismes nationaux d'assurance et les laboratoires subventionnés et/ou gérés par eux qui procèdent actuellement à ces sélections. La démarche de la Commission Incendie du CEA vise donc, après avoir facilité les aménagements pratiques nécessaires, à faire valoir cette expérience exceptionnelle des assureurs auprès notamment de la CCE. Celle-ci, qui a accueilli très favorablement les premières démarches CEA/EURALARM/EUROFEU, devrait soutenir les propositions complémentaires suivantes, seules garantes du respect de l'exigence essentielle de sécurité incendie, à savoir :

- . que les matériels concernés soient, aux termes de la Directive "Produits de la Construction", qualifiés de "critiques" et assujettis à des procédures d'essai et de certification par tierce partie rigoureuses ;

- . que des méthodes efficaces de contrôle qualité des fournisseurs soient adoptées,
- . que les critères de nomination des laboratoires d'essais et des organismes certificateurs comportent une exigence de la compétence technique nécessaire et que ces critères soient appliqués de manière rigoureusement égale dans tous les pays européens.

Seule l'application de ces dispositions, associée au recours à des installateurs qualifiés par tierce partie selon des critères harmonisés et appliqués uniformément dans les pays européens permettra la suppression d'entraves techniques à la libre commercialisation des matériels et le maintien du niveau actuel de la sécurité incendie en Europe.

\* \* \*

Ajoutons que des travaux CEA concernant les systèmes de sécurité contre le vol sont également en cours. Des règles techniques applicables aux matériels sont en préparation qui tiennent compte de l'existence de travaux menés sur le même sujet par les organismes européen et international de normalisation (CENELEC et CEI).

Moyennant quelques aménagements, les résultats des travaux de la Commission Incendie du CEA concernant la certification des matériels et la qualification de leurs installateurs seront applicables en matière de sécurité contre le vol.

J. F. Middleton  
THORN Security Limited, Feltham, England.

EUROPEAN AND INTERNATIONAL STANDARDS FOR ALARM TRANSMISSION

A fire detection system by itself does not control a fire, but is designed to alert a responsible person who will then organise the necessary fire extinguishing measures. These measures normally involve calling the local fire brigade, not only to fight the fire but also to organise the evacuation of people at risk. This latter point is of particular importance for hotels, department stores and hospitals where large numbers of people may be present who are unfamiliar with the building layout or whose mobility may be restricted.

The fire brigade may be alerted by a person on the premises sending a call over the normal telephone network, perhaps using a special emergency number, but for improved reliability and for those premises which are not always occupied it is necessary to send the call to the fire brigade automatically via an alarm transmission system.

In some countries, such as Germany, it is possible to send an alarm call directly to the fire brigade control room but this facility is not always available and in the United Kingdom virtually all fire alarm calls are now sent via commercially operated alarm receiving centres or central stations. In this latter case the alarm path consists of three key elements, viz

- an alarm transmission system between the supervised premises and the alarm receiving centre
- the alarm receiving centre itself
- a communication link between the alarm receiving centre and the fire brigade control room

The alarm transmission system accepts alarm, fault or other signals from the control equipment of the associated fire detection system and transmits them to receiving equipment either at the fire brigade control or at an alarm receiving centre.

Although radio transmission has been used successfully in some countries the majority of alarm signals are transmitted over the normal telephone network, using either a dedicated communication channel or the public switched telephone network, PSTN.

A dedicated communication channel means that a connection is permanently available for the transmission of alarm information and, because it is permanently available, it can be continuously monitored, thus ensuring a high level of integrity. However a dedicated channel can be expensive to provide and to reduce costs it is common to multiplex a number of channels onto a single bearer using either multipoint circuits or a collector network. Another cost saving measure is to superimpose the alarm signal on a normal speech line to the local exchange where the alarm signal is retrieved and routed on to the central station via a separate network. Examples of this type of system are ABC and Redcare in the United Kingdom, Temex in Germany and Infranet in Switzerland. Although the local exchange line is shared with speech traffic a channel is continuously available for the alarm signal and therefore these systems fall into the dedicated channel category.

Use of the PSTN means that the connection between the supervised premises and the alarm receiving centre is only made at the time of the alarm call and thus it cannot be continually monitored. On receipt of an alarm signal from the control equipment of the associated fire detection system the equipment at the supervised premises automatically dials the alarm receiving centre and then transmits either a voice message (voice communicator) or an electronic message (digital communicator). The alarm receiving centre may send an acknowledgement signal to the supervised premises which then allows the system to close down or to make a further attempt to achieve a satisfactory connection if the first call has failed to get through, perhaps because of congestion in the telephone network.

At the alarm receiving centre the incoming signals are classified according to type and priority, e.g fire, fault, test etc. and are displayed, together with their address of origin and relevant information for taking the appropriate action.

Alarm signals are transmitted to the fire brigade control via the communication link which preferably will be a dedicated speech or data connection or, if this is not practical, then via a dialled connection over the PSTN.

Standards specifying the performance requirements for alarm transmission systems between the supervised premises and the alarm receiving centre have been prepared by Technical Committee No 79 of the International Electrotechnical Commission, IEC, and these standards are now being circulated by CENELEC for adoption as European Standards.

Standards for alarm receiving centres, or central stations, are under preparation by both the European manufacturers and installers association, Euralarm, and the European insurance association, CEA, and it is hoped that discussions between these two bodies will lead to a single standard for potential adoption as a European Standard.

Although it is important to set standards for the individual elements of the alarm transmission path, it is also important to identify the end-to-end performance, i.e. from supervised premises to the fire brigade control and some interesting proposals have been produced by the Home Office in the United Kingdom following a series of trials carried out for the hospital service and these will be discussed later.

The standards prepared by IEC/TC79 for alarm transmission systems specify the performance requirements for both the operating system and the equipment used within the system. The system standards identify the key performance parameters of an installed and operating system including the PTT network and provide a classification scheme which allows the end user to specify the type of system which best matches his type of alarm system. The equipment standards identify the functional and reliability requirements for equipment to be used in alarm transmission systems and allow the manufacturer to submit his equipment to a test house for type approval certification.

The system standard has been produced as General Requirements with further documents covering the additional requirements for specific types of system, e.g. systems using Dedicated Communication Channels, Digital Communicators and Voice Communicators.

The General Requirements standard has identified two key parameters for classifying alarm transmission systems. There are the response delay, which is the delay between the time that the alarm system changes state until the new state is reported to the alarm receiving centre, and the availability, which is the percentage of time during which the system is known to be available to transmit an alarm from any alarm system to the alarm receiving centre without corruption and within the specified response delay.

The response delay is categorised according to the following table which is inclusive of all types of transmission method.

Table 1

Transmission Delay (seconds)

<u>Delay Category</u>	<u>D0</u>	<u>D1</u>	<u>D2</u>	<u>D3</u>	<u>D4</u>
Arithmetic mean of all transmissions	-	120	60	20	10
Upper 95 percentile for all transmissions	240	240	80	30	15
Maximum acceptable delay	-	480	120	50	20

It is proposed that for each new alarm system commissioned onto the alarm transmission system the time taken to transmit an alarm shall be measured and that this should be repeated at each service interval. For dedicated channel systems the response should be within a narrow tolerance limit, but for system using the PSTN the delay may vary significantly according to the time of day when the call is transmitted and the distribution of the times of tests should reflect the distribution of times when alarms are likely to be transmitted.



For the purpose of calculating the system availability account must be taken of various fault situations which may occur viz

- faults which prevent an alarm being transmitted to the intended alarm receiving centre
- faults which corrupt the alarm message
- faults which delay an alarm message beyond the limit given in Table 1 for the specified category
- unavailability due to maintenance

The length of a fault is calculated from the last time that the system was known to be available until the fault has been detected, repaired and the system tested, with a minimum time of 15 minutes. Automatic monitoring or routine testing of the alarm transmission path will obviously reduce the time for the fault to be detected and the standard includes a classification table for the monitoring function.

Table 2

<u>Class</u>	<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T3</u>	<u>T4</u>	<u>T5</u>
Maximum fault detection period	32d	25h	65m	90s	20s

The minimum availability of an alarm transmission system is then classified according to the following table

Table 3

<u>Availability Category</u>	<u>A1</u>	<u>A2</u>	<u>A3</u>	<u>A4</u>	<u>A5</u>
Availability of overall system	97%	99.3%	99.5%	99.8%	99.99%
Monthly availability	75%	91%	95%	98.5%	99.95%

Category A1 would be met for instance by an alarm transmission system which had two faults in a year affecting all the connected alarm systems, with each fault taking five days to identify and correct, whereas Category A5 allows less than an hour's total failure per year.

This latter category will almost certainly require duplication of common parts of the system and in particular the telephone links.

The availability will be assessed by recording each fault, its duration and the number of alarm systems which were affected by the fault and using this information to calculate the availability on a monthly basis. The monthly availabilities are then averaged over a twelve month period to obtain the system availability figure.

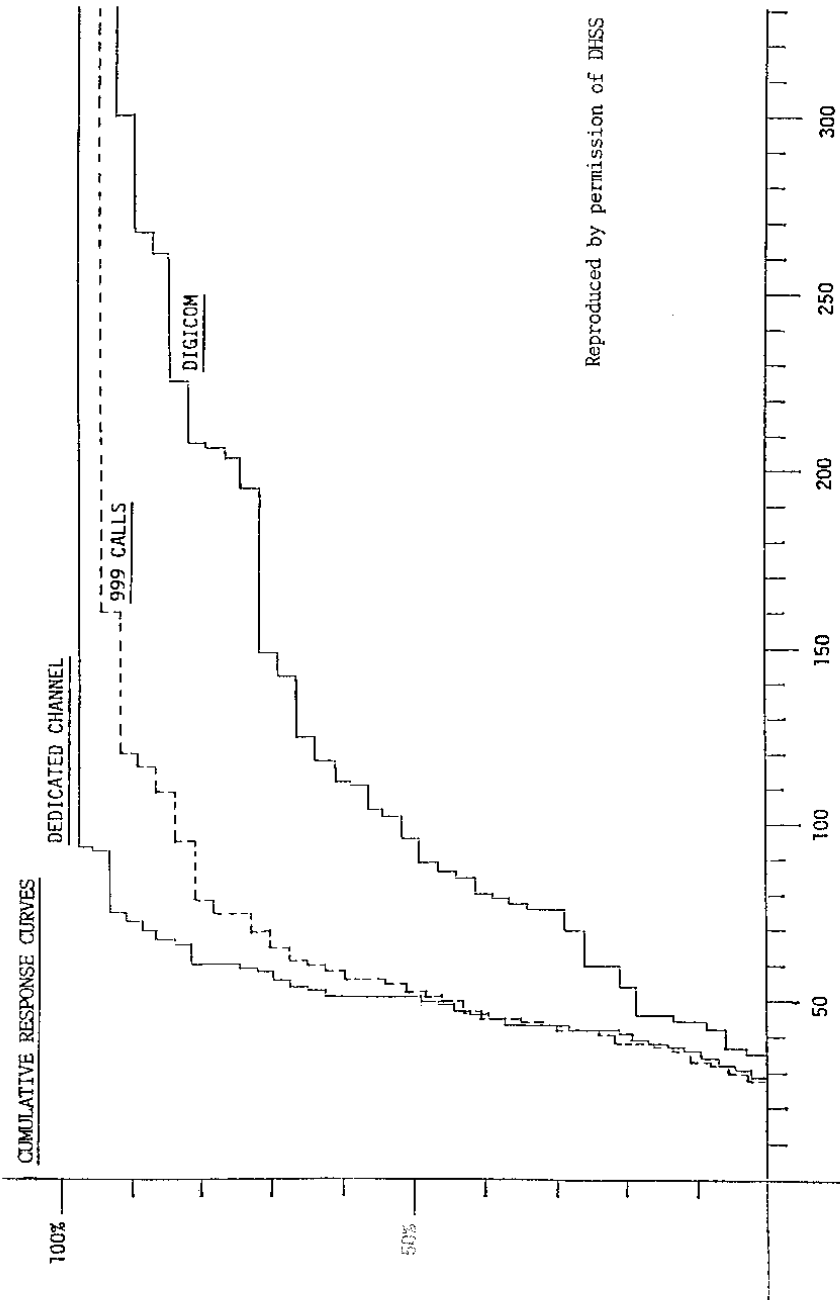
Apart from the classification tables for response delay, degree of monitoring and system availability, the standard also provides a classification of security levels for the alarm transmission system which is of more particular interest to the intruder alarm industry. The development of standards for alarm receiving centres or central stations has been progressing in both Euralarm and CEA. An earlier Code of Practice for alarm central stations handling fire alarm signals produced by Euralarm has been revised and extended to cover the construction and operation of central stations to ensure their suitability for accepting fire, security and other signals from premises at all levels of risk, with the aim of using the document as a reference for independent evaluation and certification of central stations.

The majority of existing standards for alarm central stations concentrate on the requirements for their construction and for the facilities to be provided. However not all central stations with the same facilities provide the same level of service to their customers, in terms of speed of response to alarm signals and in integrity of performance in passing alarm calls on to the correct destination with the correct information. Having an effective communication link to the fire brigade is an important element in achieving this but the organisation, training and management of the central station staff plays an essential role. Further work is required to develop a quality assessment schedule which will identify those aspects which contribute to the overall effectiveness of the central station operation.

Although it is important that standards are set for the individual elements of the alarm transmission path the customer is interested in the response delay and availability of the complete system from his supervised premises through to the fire brigade control. In the United Kingdom a trial has been carried out by the Department of Health and Social Security to determine these parameters for systems transmitting alarm calls from hospitals using either dedicated channels or digital communicators.

After contacting the fire brigade, the fire alarm system in the hospital was activated without any prior announcement and the time measured for the alarm call to be received by the fire brigade control via the alarm central station. The hospital staff were trained to call the fire brigade via the 999 emergency service operator in the event of the fire alarm system activating and therefore it was possible to compare the times taken for the alarm calls to be received by the fire brigade control via the two routes. The results are shown in Figure 1 in the form of a cumulative plot and it is seen that the time for calls to be received via alarm transmission systems using dedicated channels closely matches that for calls via the 999 service, although a few of the latter were delayed by nursing staff investigating the cause of the alarm, before contacting the brigade, which is not in line with their instructions. The performance of the alarm transmission systems using digital communicators were significantly inferior, with only about 70% of the calls getting through on the first attempt and these calls being noticeably delayed by the time it took for the digital communicator to dial the central station and establish a connection. The results shown are for calls routed via central stations which had a dedicated speech link to the fire brigade control. Where the central station relied on calling the fire brigade control via the PSTN additional delays of 20s to 30s were recorded.

Following this trial the Home Office has proposed a classification scheme for alarm transmission systems for life-risk premises which is shown in Table 4.



Reproduced by permission of DHSS

Fig. 1: RESPONSE TIMES STATISTICS

Table 4

Category	Transmission Time	Method of connection likely to achieve transmission time	
		Between supervised premises and central station	Between central station and fire brigade
A	90% within 60s 98.5s within 90s	Dedicated channel	Dedicated channel
B	90% within 90s 98.5% within 120s	Dedicate channel	P S T N
C	90% within 120s 98.5% within 150s	Digital communicator via P S T N	Dedicated channel

It should be noted that in certain telephone areas the digital communicator will not achieve the Category C classification.

In conclusion it will be seen that a significant amount of effort has been devoted to preparing standards in the field of alarm transmission. What is particularly interesting to note is that these standards are aimed not only as product standards, but also as performance standards for operational systems.



S. Lindskov Hansen  
ElektronikCentralen, Hoersholm, Denmark

### Experience with Software Analysis as a Test Procedure

#### Summary:

The control and indicating equipment of an automatic fire alarm system is in most cases equipped with one or more microprocessors. An increasing part of the functions of the fire alarm system is software controlled. In order to set up a test programme to satisfy type approval requirements it is then obvious that the software part should also be tested.

In 1983 ElektronikCentralen issued the document 'DRAFT Directive for Testing of Software Quality in Control and Surveillance Systems'. Since then some 25 automatic fire detection and other systems have been analysed with a majority in the group of fire alarm systems.

The philosophy laid out in the directive is discussed in order to stress the differences between the conditions for testing of software as compared to hardware test. The actual way the analysis is carried out is described in details relating to the documentation of the software.

Based on the experience gained from these analyses a number of characteristic shortcomings and qualities are described.

The trend in software approval techniques and requirements is discussed in the light of international standardization activities.

**Keywords:** Software type approval, software analysis, safety, reliability.

### Introduction

What is software? - To a programmer this question is as absurd as a question can be. It may come close to an insult to ask it at all.

On the other hand the same question asked to a lawyer presents an insurmountable complexity, that has still to be resolved. It can under certain circumstances be a product but it can also be argued that software is rather to be seen as a service or maybe as an idea, like a piece of art. It is certainly not well agreed whether software can be owned by anyone. And if it cannot be owned can anyone then be held responsible for any malfunction in the software?

To a reliability engineer the question is - at first glance - unimportant. What matters is how it can be described and specified as a system component in terms of failure rates, MTTF (Mean Time To Failure), MTTR (Mean Time To Repair) and other familiar probabilistic measures. The problem is, however, that these concepts do not apply to software at all. We have to bear in mind that a software failure can not be associated with any physical phenomenon like wear or tear. Whenever a software malfunction occurs the explanation lies with the implementation of this software.

The same question - what is software? - put to a quality engineer is of little use. The quality engineer will be interested in how good the software is, which is maybe a question of even greater complexity. First of all we will have to qualify what 'good' is. It could mean reliable or effective or easy to use or a multitude of other quality factors. The problem after this will be to quantify all these quality factors and then to be able to measure them.

Seeing that software can be looked at from many different angles it is clearly necessary to provide a framework in which it is possible to work with its properties.



In fire alarm systems - as in many other areas - software is an important part of the system. Consequently also the software should conform to a set of generally accepted requirements in order to provide confidence to the general public.

This topic has been the main core of work for a group of software engineers at ElektronikCentralen over the past ten years. Starting out in the beginning with discussions following the lines of questions briefly outlined above. Initially the main concern was safety of systems using computers, but gradually widening to a more general quality concept. Early in this process it became clear, that it was necessary to provide an operational framework allowing to analyse software for safety critical systems. In 1983 a short guideline for software analysis was produced with the title 'Draft Directive for testing of software quality in control and surveillance systems'. The following section explains the procedure and the ideas behind it.

#### **Analysis procedure**

A control and indicating equipment shall perform certain functions according to its specifications. This is checked in a functional test of the system. The functional test does not specifically focus on the software, but covers the equipment as a system. This work is done by a separate group at ElektronikCentralen resulting in both hardware and software malfunctions being found. The next step in the hardware test procedure is to expose the equipment to environmental stress according to the agreed test conditions in order to demonstrate the design quality. The software counterpart of this test is a software analysis looking at the following properties:

- reliability**
- protection against operational errors**
- protection against sabotage**

These properties are referred to as primary properties in the sense that they have to do with the system being free from errors or with preventing errors to enter the system. The group of secondary properties have to do with limiting the consequences of a fault. They are:

fail to safe  
fail operational  
fault detection  
fault correction

For each of these seven properties there is a definition and a set of supporting factors to be estimated. The definitions and their associated checklists are as follows:

**Reliability** is the extent to which a program can be expected to perform its intended function with required precision.

To some extent, the reliability can be proved by analysis of the program, of its supporting documentation and of its specifications. The factors to be estimated are:

Is the complexity of the program kept so low that it is and has been possible to preserve the survey of its functions?

Is the accuracy sufficient in all modules and in the output?

Are the individual parts of the evaluated material consistent?

Does the program contain all the required parts, and are all parts of the program used?

Is traceability present between program and documentation and mutually between parts of the program and

parts of the documentation?

These questions are further subdivided to cover data from the development process.

**Protection against operational errors** is the extent to which the system guards the user from execution of unintentional functions as a consequence of input from the user.

The extent of the protection against operational errors in a system is solely evaluated from the program, from its supporting documentation and especially from its user instructions. The factors to be estimated are:

Does the system assist the user in operating it correctly?

Are special arrangements required for initiating critical functions? Are these arrangements used so often that they become routine and in this way lose their effect?

Is it possible to stop an unintended function in a controlled manner?

Does the system react appropriately on erroneous input?

**Protection against sabotage** is the extent to which the system prevents deliberate removal or change of its intended functions.

The main factor to be estimated in the software is whether a controlled authorization is required for permission to change the functions of the system.

**Fail to safe** is the extent to which a system is transferred to a well defined safe state in the case of one fault.

The extent of fail to safe is estimated through analysis of programs and their supporting documentation. Additionally, information regarding fault mechanisms in the surrounding hardware, which through the software could lead to risky states, will be considered. The factors to be estimated are:

Are output signals involving a risk actively maintained and is the steady state exempt from risk?

Are critical output signals watched in order not to exceed limits and is the correctness of the output signals evaluated where possible based on previous values, the state of the system etc.?

Have actions been planned for the case of program faults?

Could one fault lead to more consecutive faults?

**Fail operational** is the extent to which the system may continue executing its functions in spite of a single fault.

The extent of fail operational is estimated through analysis of programs and their supporting documentation, as well as through analysis of the structuring of the system. The factors to be evaluated are:

Does the system utilize redundancy in hardware (e.g. duplicated circuits) and/or software (e.g. N-version programs or fault tolerant design)?

Are the programs modularly structured, allowing one or more modules to be detached?

**Fault detection** is the extent to which the system records deviations from its normal states and informs the surroun-

dings on these deviations.

Fault detection can be performed as a continuous surveillance or as a periodic test procedure. The extent of fault detection is estimated through analysis of programs, their supporting documentation and documentation of interfaces and structuring of the hardware. The factors to be estimated are:

Is the functional capability of the hardware surveyed (examples: parity checks, check-sum computation, RAM-test)

Are the functions of the software surveyed (example: watch-dog)?

Does the system try to evaluate the correctness of input prior to the use of the data (example: comparison with previous value for input)?

**Fault correction** is the extent to which the system is able to detect a fault situation and continue the operation of the system without any operational change seen from the surroundings.

Some concepts, often used in connection with fault correction in software are fault tolerant software and exception handling. The ability of the system in fault correction will be estimated through analysis of programs and their supporting documentation. The factors to be estimated are:

Are input/output operations repeated in the case of faults?

Are fault correcting codes used in memories and on transmission lines?

To support the analysis in these seven different areas an extensive set of check-lists have been developed for each of them. As the different items of the check-list are not equally important, they have an associated weight. As the answer to any check-list item is to be given as a number in the range 0 to 10 it is seen that the product of 'score' and weight represents a uniform estimate of that item and that the estimate of each item within a group can be added to yield a resulting value representing the estimate for that property.

The requirements within each of the seven groups or properties can now be differentiated according to the application to be analysed. For this purpose a classification matrix for control systems and one for surveillance systems has been developed stating the minimal requirements for different types of systems. The requirements for surveillance systems is exemplified by the following list of applications ranged by increasing severity:

- private intruder alarm systems
- safety equipment in workshop machinery
- private fire alarm systems
- environmental surveillance (local area)
- business intruder alarm systems
- road traffic surveillance
- fire and gas alarm systems onshore
- railway traffic surveillance
- surveillance of unmanned production
- environmental surveillance
- fire and gas alarm systems off shore
- process surveillance on nuclear power station

Based on this classification it is easy to get a first proposal for the requirements to be used.

### **Material for the analysis**

There is no generally accepted scheme for documentation of software and thus only one indispensable requirement on the documentation can be put forward, namely on the access to program listings. In addition any documentation existing in an understandable form should be submitted. The following list describes different types of documentation that would facilitate the analysis:

#### Specification

What is required of the software? Which interfaces exist to the surroundings?

#### Design description

How are the requirements of the specification on the software fulfilled? Which components (modules) is the software divided into?

#### Module description and code comments

Description of module functions. Comments ensuring the understandability of the code.

#### Test plans and results

How has the software been tested? What considerations are behind the planning of the test? What results have been accomplished through the test? It is important to record all failures and explain the treatment of each of them.

#### User instructions

How is the system in which the software is a part operated?  
How is the software maintained if at all?

#### Project plan

What resources (man-power and time) have been spent on each of the activities? How has the project been divided into phases and how has the conclusion of the phases been checked?

#### Quality assurance plan

Which reviews or inspections have been carried through? Which standards have been applied? Which system has been applied in configuration control?

Some of this documentation is not directly related to the quality of the software. However it highly facilitates the analysis to have a good understanding of the system and a well planned guide to system components is also a good help.

In practical analyses it has been far from this. Most often a very general description is available and then there is a big gap down to the very detailed design descriptions and the code listings. In several cases it has taken much effort to obtain the code listings from a producer. This is in much contrast to the hardware test, where diagrams are readily delivered.

#### **The analysis process**

It is the general impression from having done close to 25 software analyses at ElektronikCentralen that the software itself is most often of good quality. This concerns basically the structure of the software even if the majority of control and indicating equipment is still coded in assembler.

Before starting the software analysis the equipment has been through an intense functional testing, that always finds malfunctions mainly in the area of timing and synchronization of events. Such malfunctions are corrected during the test session in order to have the equipment pass the functional testing without comments.

The software analysis goes through all available documentation in an iterative process with the check-lists. For instance it is a check-list item to use a top-down oriented design approach. This can often be found as a statement in the overall documentation and this is marked. However the code itself will also be examined for indications of such a



design method. This iterative process can go on for as many times as necessary until all checklist items have been answered and the estimates made.

To support the analyst all weighted ratings are summed up within each group and compared to the requirement for that group. This result is then compared to the more subjective impression gained by the analyst and any discrepancies are looked into.

The analysis is concluded by a technical report that points out weaknesses and strengths of the software.

In one case this has been the reason that the system was withdrawn from further test and the software redeveloped.

To give an impression of the statements used in the conclusions of these reports, the following samples are offered:

- no structured programming
- watch dog with only partial coverage
- potential risk found in software (stack overflow)
- error detection only just satisfactory
- system undefined upon watch dog reset
- very poor quality documentation
- badly structured
- poor maintainability
- not up to good engineering practice
- insufficient description of system structure

As it can be seen from these samples of report conclusions, some remarks are minor ones and some are very major. A potential risk for stack overflow could cause serious trouble which can not be found in any ordinary test. An indication of poor maintainability could have a high economical impact for the producer.

#### **Trends in approval techniques**

The software analysis technique is both lengthy and costly. Current work is concentrating on automating this process in order to make it first of all more easily accepted to have

the software tested to the same extent as the hardware. There is a long time dispute between product or process analysis. The current emphasis is that software can not be evaluated based on the product alone. Additional information on the development process is necessary to provide confidence. However this places quite a burden on the producer both in terms of documentation and due to the fact that the producer is required to open his development process to a third party, which is not a popular thing to face.

ElektronikCentralen is currently engaged in the ESPRIT II project called SCOPE (Software CertificatiON Programme in Europe).

The long term concern is therefore to provide a technology, that can analyse software with respect to a range of quality factors based on the product alone and a minimum of documentation.

In the short term there is a growing understanding in the different sectors of industry - as for example in the fire alarm industry - that software is not to be neglected.

This is seen from standardization activities in the proposal for EN54 part 2, which has adapted to several check-list items used in software analysis as described in this paper. This proposal also has a paragraph on a quality management system for software development.

In most control and indicating equipment the amount of functionality which is software controlled is fifty percent or more. It is therefore a question if not more of the testing activities should be devoted to checking the software.

Jørgen Duvald Christensen  
ElektronikCentralen, Hoersholm, Denmark

### Experience with Electromagnetic Compatibility (EMC) Testing

#### **Introduction**

EMC testing has become an integral part of the environmental test of components for automatic fire alarms systems. This is due to the large amount of electronics implemented for sensing, calculating, controlling etc. The electronic components operate at a very low signal level and at very high speed, making them vulnerable to the electrical disturbances present in the service installation. Electromagnetic compatibility is the ability of a device, a subsystem or a system to function satisfactorily in its electromagnetic environment without introducing intolerable electromagnetic disturbances to anything in that environment. The new CEN/TC 72 catalogue describes a number of tests, which simulate the influence of the electrical environments.

#### **EMC Testing**

When an EMC test is carried out on a component, a unit or a subsystem the test object has to operate together with the rest of the system, or a simulation of this, in order to have the signal transmission between the different parts of the system included in the test. Although most EMC tests are carried out on a subpart of a complete system, one must bear in mind that the closer the test object is to the complete system the more the test result reflects on the system behaviour in the service installation.

It is essential to have the system operating in all possible ways during the exposures. This is often ensured by developing a special test program. The performance and failure criteria must be specified before the start of the EMC test. These shall be given in a special document and shall not be a part of the environmental test procedures.

### Transient test

The object of the test is to demonstrate the immunity of equipment to transient voltages caused by various phenomena such as relay switching, activating of contactors, lightning strikes in the vicinity or switching of large capacitor batteries. Different kinds of transients are generated. The aspect is covered by two different types of transients; a burst of transients with low energy and high frequency content, and a high energy transient with a low frequency content.

### Burst

The burst, which is formed by a number of impulses, has a length of 15 ms and is repeated each 300 ms (burst period). The repetition frequency of the impulses in each burst is 5 kHz for amplitudes up to 2 kV (unloaded) and 2.5 kHz for the 4 kV amplitude level. The shape of a single pulse, the burst length, and the burst period are given on Fig. 1 and Fig. 2.

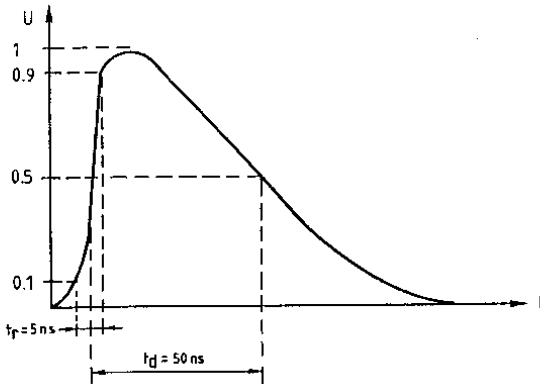


FIG. 1. Shape of the single transient when the generator is loaded with 50  $\Omega$ .

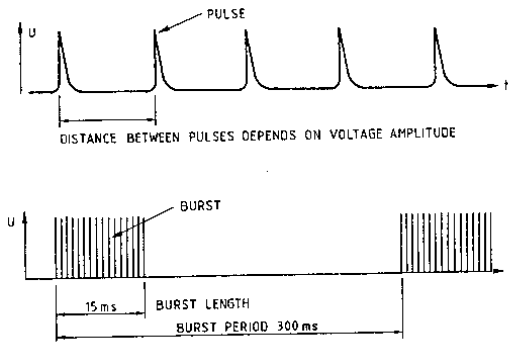


FIG. 2. Shows the burst length and burst period.

The transient shall be superimposed on the supply voltage as well as the signal lines. Only common mode transients shall be injected. The coupling to the supply voltage takes place via capacitors (see Fig. 3), whereas the coupling to the signal cables is achieved by a capacitive coupling unit (see Fig. 4). The capacity between the coupling unit and the cable inserted in the unit shall be approx. 100 pF.

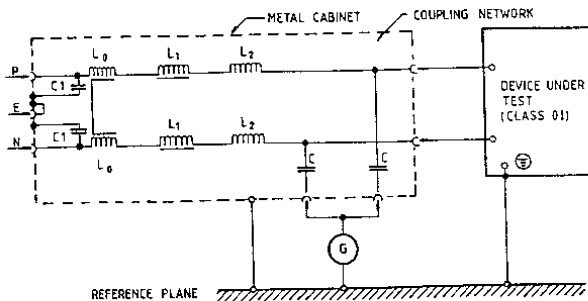


Fig. 3. Test set-up for injection of asymmetrical transients into the power supply input.

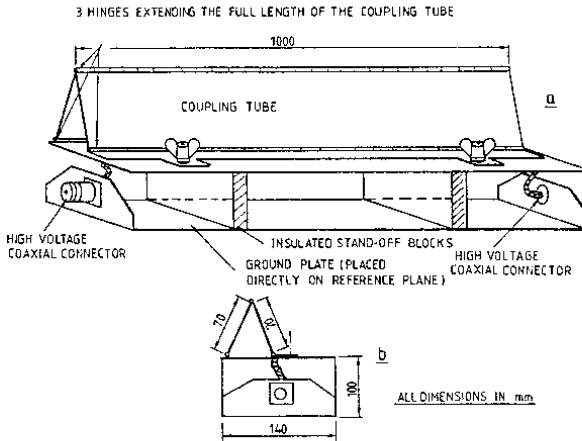


Fig. 4. Draft of the structure of the capacitive coupling unit.

The test level in the CEN/TC/72 catalogue is set to:

- mains power supply: 2 kV
- other inputs, signal, data, and control lines: 1 kV

Destructions of the test object or part of it hardly ever occurs due to the relatively low energy on the bursts. However, the function of a microprocessor circuit in the test object will very often be disturbed. The malfunction can only be avoided by proper layout of the electronic circuits. Because the burst is a high frequency phenomenon, the interference propagates in the test object via leakage capacitive impedances. If filtering has to stop the interference, it has to be placed in the very near entrance to the apparatus or component. When the interference has penetrated the entrance, it is difficult, if not impossible, to stop it with lumped filters alone. It has to be combined with distributed filtering in form of multilayer PCB or reference ground plane(s).

The experience gained from many tests has demonstrated that it is mainly test objects with built-in microprocessors, which are susceptible to the injected interference. Test objects without micropro-

tible to the injected interference. Test objects without microprocessors or similar components are seldomly affected by the burst transients. The most dominant failure is that the reset function of the microprocessor is activated or that the microprocessor circuit is latched up, so that the test object only can be operated after the supply voltage has been switched off and turned on again. A restart of a data processing unit is often combined with re-loading of a number of data, why latch-up of the microprocessor is very inconvenient.

#### **Surge**

The surge transient has a rather high energy, but a low frequency content. The test generator shall deliver a 1.2/50  $\mu$ s current surge into a short circuit. The effective output impedance of the generator corresponds to 2  $\Omega$ . The test severity is always combined of a voltage level and a current level, where the ratio is 2:1. The severity level in CEN/TC/72 is:

- AC mains power lines: 1 kV differential mode  
2 kV common mode
- DC supply voltage and signal lines: 1 kV common mode

The transients are coupled into the lines via capacitors. The differential mode coupling is made via a capacitor of 18  $\mu$ F in order not to influence the specified parameters. When the common mode coupling is made, an external resistor is connected to the transient generator, so that the output impedance is increased to approx. 50  $\Omega$ . The transients are coupled into the lines via 0.5  $\mu$ F capacitors. Where the capacitive loading of the signal lines influences the functional communication, the transients can be coupled in the lines via gas filled arrestors (reference is made to IEC 801-5 (Draft) Dec. 88). The gained experience from surge transient tests has demonstrated that the surge transient is much more destructive than the burst transient test. The test items often have to be protected by gas filled arrestors, varistors or other kinds of filters in order to survive the surge test.

#### **Electrostatic Discharge (ESD)**

The object of the test is to demonstrate the immunity of equipment to electrostatic discharges by personnel, who may have become electrostatically charged touching the equipment or other equipment nearby.

The characteristics of the discharge generator is:

- discharge capacitor : 150 pF
- discharge resistor : 150  $\Omega$
- risetime of discharge puls : 5 ns
- decay time of discharge puls: 30 ns
- discharge voltage : 8 kV

The registered failure types in an equipment function due to the ESD test are similar to those occurring in the burst test. Both tests are high frequency phenomena. However, the ESD test seems to have a little more energy, which can cause destructions of components or electrical circuits in the test object.

#### **Mains Voltage Interruption**

The object of the test is to demonstrate that no permanent damages or changes in the operation condition of an equipment occur, if the mains supply shortly is reduced to zero. Transitory changes are accepted. The test is only carried out on AC mains supplies. Interruptions of 10 half cycles (100 ms) are specified.

#### **Radiated Electromagnetic Field**

The object of the test is to demonstrate the immunity of equipment to electromagnetic fields such as those produced by portable radio transceivers.

The specified frequency range is 1 MHz to 1000 MHz and the field strength is 10 V/m.

The field strength has to be set up inside a electromagnetic shielded room in order to avoid disturbances of the signal from the legal operated transmitters. The shielded room causes a lot of problems in controlling the field strength. The electromagnetic field will be reflected by the metal surfaces of the room and the field strength will vary strongly across the test area. A variation of more than 10 dB (three times) between two points separated by 0.5 m is not unusual. In order to avoid the reflections, it is necessary to have absorbers on the metal surfaces of the room. The size shall be about 0.5 m for frequencies above 80 MHz. Larger absorbers are necessary for lower frequencies. Absorbers on the floor can be omitted without any serious deterioration of the conditions. In the frequency range 30-1000 MHz



broadband dipoles or similar antennas should be used to set up the field strength. At lower frequencies other kinds of antennas, such as strip-line or long wire antennas, have to be used. Even if some strip-lines are specified up to frequencies above 30 MHz, there should be no free choice to use strip line or a broadband dipole antenna, because the test result from two such different antennas is not identical, even if the electric field strength (monitored with electric short dipole) is the same. Many tests have shown that a field strength of 10 V/m radiated from a broadband antenna is much more severe than a field strength of 10 V/m in a strip-line.

Contrary to the transients and the ESD, the radiated electromagnetic fields are much more severe to analog electrical circuits than to digital electrical circuits.

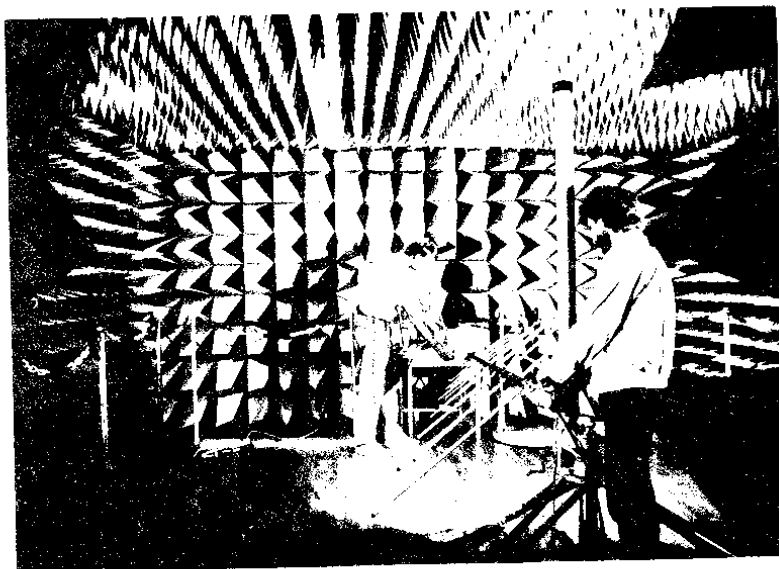


Fig. 5 Interior of a shielded room with absorbers.

### **EMC Directive**

The EMC directive (89/336/EEC) was adopted by the Council of Ministers for the Internal Market, May 3rd, 1989.

This directive defines protection requirements for the majority of all electrical and electronic equipment. Both immunity and emission requirements are included. By July 1st, 1991 the Member States shall adopt and publish the national laws, regulations, and administrative provisions necessary to comply with this directive. They shall apply these provisions as from January 1st, 1992.

The national provisions ensuring the necessary protection must be harmonized in order to guarantee the free movement of electrical and electronic apparatus without lowering existing and justified levels of protections in the Member States. In order to facilitate the proof of conformity with the protection requirements, it is important to have harmonized standards at European level. The Electrotechnical Standardization (CENELEC) is recognized as the competent body in the field of this directive. The harmonized standards have to be prepared before January 1st, 1993.

Where harmonized standards do not yet exist, the apparatus concerned may, on a transitional basis until December 31st, 1992, continue to be governed by the national arrangements in force on the date of adoption of the EMC directive. However, this is under the conditions that the Community inspection procedure ensures that the national standards meet the protection objectives of the directive.

The conformity of apparatus shall be stated in the following way:

1) EC declaration

Apparatus, which are in accordance with harmonized standards, shall be certified by an EC declaration of conformity issued by the manufacturer or his authorized representative established within the community. The EC conformity mark shall be placed on the apparatus, the instructions for use or the guarantee certificate.

2) Technical construction file

For apparatus, where harmonized standards do not yet exist, the manufacturer shall hold a technical construction file at the dis-

posal of the relevant competent authorities, as soon as the apparatus is placed on the market. This file describes the apparatus and includes a technical report or certificate obtained from a competent body. Each Member State shall notify the Commission and other Member States of the competent bodies. The notification shall state whether those bodies are competent for all apparatus covered by the directive or whether their responsibility is limited to certain specific areas. In order to be a notified body, certain conditions must be fulfilled and assessed.

3) EC type-examination

If the apparatus has to be connected to the telecommunication network, it is covered by the directive 86/361/EEC, and a type-examination certificate or technical report from a notified body is necessary.

**Conclusion**

The new CEN/TC/72 catalogue brings the environmental testing in alignment with the ideas in the EMC directive. However, the manufacturers must be aware of the fact that the catalogue only covers the susceptibility part of the directive. Their products shall also meet the emission requirements. Attention shall be paid to the harmonized standard EN55022, which covers all digital apparatus with built-in clock generators.

Many years of EMC testing at ElektronikCentralen has proved that if the design engineers have a test standard and know the meaning of it, already when the design of a new apparatus starts, the apparatus will pass the qualification test without serious extra cost due to the EMC requirements. However, if the apparatus is designed without any regards to EMC, it can be costly to bring it in accordance with the requirements.



J.G. SANS  
C.N.P.P. LABORATOIRE, VERNON, FRANCE

## ASSURANCE QUALITE DANS LE LABORATOIRE D'ESSAIS DETECTION INCENDIE

### Introduction

Au même titre qu'un client peut acheter un produit manufacturé de qualité, quelque'il soit, voiture, téléviseur, produit de consommation courante, un constructeur de matériel qui demande un certificat ou un rapport d'essai, doit pouvoir être assuré de la qualité du travail effectué. Pour se faire, ou bien il se rend chez le fournisseur (laboratoire) et contrôle simultanément à la réalisation que le travail est bien fait, ou bien il fait confiance à l'Assurance Qualité mise en place pour admettre les résultats obtenus et ne pas les remettre en cause.

D'autre part, le laboratoire de certification qui réalise les travaux a besoin lui aussi d'une reconnaissance de la qualité du travail effectué fondée non pas simplement sur une bonne réputation, mais sur une organisation satisfaisante et sur des moyens (hommes et machines) reconnus conformes aux besoins de l'essai.

Ces deux aspects ont conduit le laboratoire du CNPP à demander l'accréditation par le RNE (Réseau National d'Essai) pour le domaine de la détection d'Incendie en tout premier lieu, en vue de l'étendre aux autres activités du laboratoire. L'accréditation du RNE doit-être comprise comme la reconnaissance nationale de la Qualité du travail, donc de la qualité du produit, c'est-à-dire, des résultats d'essais.

ASSURANCE QUALITE EN LABORATOIRE

RAPPEL : l'Assurance Qualité est définie comme

Une "mise en oeuvre" d'un ensemble approprié de dispositions préétablies et systématiques destinées à donner confiance à l'obtention de la Qualité Requise.

La différence essentielle qu'il y a entre un produit manufacturé et un essai de laboratoire, est que le premier est fabriqué en un grand nombre d'exemplaire alors que le second est réalisé une seule fois: donc on ne peut pas appliquer les contrôles statistiques familiers au constructeur mais déterminer des méthodes de travail garantissant à coup sûr le résultat.

La méthode de travail repose sur trois points fondamentaux :

- 1°) Une procédure d'essai, détaillée, explicite, déterministe,
- 2°) Une métrologie adaptée et garantie,
- 3°) Un personnel de formation initiale adéquate correctement formé, expérimenté.

La méthode de travail proposée ci-dessus répond entièrement à la définition de l'Assurance Qualité. Nous vous proposons maintenant de détailler celle-ci.

## PROCEDURE D'ESSAI

La norme ou le texte de référence ne peut pas être exhaustif quant à la procédure détaillée à mettre en oeuvre pour l'obtention du résultat. Il se contente généralement d'une exigence et de conditions de réalisation. Il est donc nécessaire de mettre au point dans le laboratoire le détail des opérations ou des mesures nécessaires à l'obtention du résultat et de bien mettre en évidence les critères d'acceptation ou de refus du résultat. Pour cela, la procédure d'essai élaboré par le laboratoire sur la base des exigences normatives et de moyens disponibles doit décrire pas à pas les étapes à franchir et indiquer les conditions de recevabilité du résultat : Elle est l'image du Savoir-faire du Laboratoire. De plus, elle doit être rédigée pour être compréhensible par le personnel technique sans ambiguïté et de façon à pouvoir être exécutée par n'importe quel technicien reconnu compétent.

La procédure d'essai est la seule façon de garantir la reproductibilité de l'essai, la non dérive d'un essai à un autre et d'avoir confiance dans le résultat sans avoir à reconstrôler celui-ci.

Une caractéristique fondamentale de la procédure d'essai est de mettre en évidence en face des opérations à effectuer, les critères d'acceptation (conformité, non conformité) sans ambiguïté pour l'opérateur.

Néanmoins, une procédure d'essai peut ne pas être déterminée une fois pour toute, et laisser le mode opératoire à déterminer en fonction du cas rencontré ; dans ce cas la procédure spécifique, doit être élaborée, vérifiée et validée au préalable à la réalisation, par le responsable qualité du laboratoire, conjointement avec le responsable technique.

## METROLOGIE

Les normes définissent parfois des seuils absolus ou relatifs d'acceptation sur tels ou tels paramètres. Dans ce cas, il appartient au laboratoire d'effectuer une mesure dans les meilleures conditions et avec des appareils dûment vérifiés et calibrés.

Cette exigence nécessite la mise en place d'une procédure de contrôle systématique des appareils et le contrôle par un laboratoire de métrologie (BNM), des appareils qui servent au contrôle périodique.

Cette exigence est fondamentale dans le cas de mesure absolue pouvant être le seul critère d'acceptation de produit par l'organisme certificateur de façon à ce que le constructeur ait confiance dans le résultat et ne conteste pas celui-ci.

D'autre part, le laboratoire doit détenir un inventaire à jour des appareils de mesure et des équipements et chaque appareil répertorié doit avoir un dossier technique, comportant les notices et le rapport de contrôle, ainsi qu'une fiche, permettant d'assurer son suivi et de prendre une décision.

## PERSONNEL COMPETENT

Quelque soit le texte normatif, la façon de le comprendre, de l'interpréter et de le mettre en pratique, nécessite que le personnel chargé de cette mission soit compétent pour :

- . comprendre le fonctionnement du produit,
- . comprendre l'exigence normative,
- . savoir procéder aux mesures dans les règles de l'art,
- . savoir transcrire fidèlement les résultats.



Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire :

- . de recruter une équipe technique avec une formation initiale correspondant au domaine technologique,
- . d'encadrer cette équipe par des personnels ayant l'expérience du domaine,
- . de former de façon continue les personnels aux évolutions technologiques,

La confiance dans l'intégrité du personnel est une exigence importante pour le laboratoire et elle doit être connue des constructeurs pour qu'un climat de confiance s'instaure dans les relations Constructeur/Laboratoire.

#### QUE PEUT-ON ATTENDRE D'UNE TELLE ASSURANCE QUALITE

Les différents aspects de l'Assurance Qualité entraînent les conséquences suivantes :

- . certitude sur le résultat d'essai donné,
- . efficacité dans les essais,
- . Image Qualité = Confiance = valorisation du laboratoire.

#### CERTITUDE SUR RESULTAT

La responsabilité d'un directeur de laboratoire est de signer avec confiance les rapports d'essais qui sont la preuve de conformité des produits : la mise en place d'une Assurance Qualité permet de le faire en confiance et sans contrôle supplémentaire.

### EFFICACITE DANS LES ESSAIS

Les demandeurs sont toujours pressés de connaître le résultat, il est donc impératif de maîtriser l'évolution des essais et de faire en sorte que la progression soit continue sans retour en arrière de façon à optimiser le délai de réalisation qui va être un facteur prépondérant dans le délai global de réponse du laboratoire à une demande. Assurance Qualité est synonyme de délai court.

### IMAGE QUALITE

Un laboratoire digne de ce nom se doit de défendre son image auprès des utilisateurs, la Qualité de ses travaux est un des aspects valorisant la fonction et qui par voie de conséquence maintient la confiance dans le temps et dans les résultats acquis.

### EXPERIENCES PRATIQUES

Depuis la concrétisation de l'Assurance Qualité au laboratoire, l'expérience nous a apporté les éléments suivants

- . formulation par écrit de détails de méthode de de mesure ou d'essai connu uniquement par transmission orale, impliquant l'harmonisation de la méthode et la clarification des critères d'appréciation (ex. : séquence de défauts, d'alarme).
- . efficacité dans le travail : le support de réponse étant créé une fois pour toute, seul les éléments relatifs à l'essai sont à préciser : le technicien d'essai ne part pas avec une feuille vierge, mais avec un guide et un document à remplir, pour consigner les résultats.

- . limitations des dérives possibles entre différents techniciens d'essais pour la même tâche : de petits écarts pouvant entraîner des résultats différents (ex. : essais sur foyer type).
  
- . relations Laboratoire - Constructeur sont franches et la discussion peut s'établir sur des bases saines de travail permettant à chacun d'apprécier le travail fait par l'autre.

Enfin, en complément de ces éléments, le laboratoire a vécu deux ans après son accréditation par le RNE, un transfert de site de CHAMPS/MARNE à VERNON avec succès, malgré un changement quasi total du personnel d'essai, et ceci grâce au travail effectué auparavant dans le cadre de l'accréditation par le RNE.

Ce transfert s'est effectué pratiquement en un mois et l'activité a repris son régime à 100 % tout de suite après.

Ce tour de force a été apprécié à sa juste valeur par les constructeurs, qui n'ont pas subi de retard inacceptable dans les essais contrairement aux craintes qu'ils avaient exprimées.

CONCLUSION

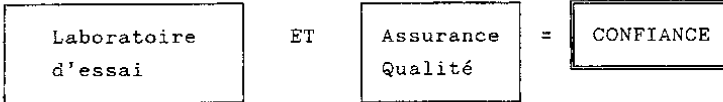
Les laboratoires d'essais sont l'outil essentiel pour que la confiance existe entre les fabricants et les utilisateurs, car ils sont le garant de l'exatitute des informations et de l'aptitude des matériels.

L'Assurance Qualité est l'outil principal du laboratoire pour garantir les résultats d'essais.

LA CONFIANCE EST LE RESULTAT

DE

L'EQUATION LOGIQUE



U. Schlossarek  
Universität Duisburg, Duisburg, Bundesrepublik Deutschland

### Computergestützte Automatisierung des Ablaufs technischer Prüfungen

#### **Vorbemerkungen**

Brandmeldeanlagen sind Einrichtungen zur Sicherung von Menschen und Sachwerten. Ihre Aufgabe besteht nicht darin, Gefahren zu vermeiden, die von der Verwendung technischer Geräte auf die Umwelt ausgehen. Vielmehr soll durch ihre sichere Funktion die Gefährdung von Mensch und Sachwerten weitgehend vermieden werden.

Als Folge daraus ergaben sich schon früh Anforderungen und Vorschriften, die sich speziell an die Funktion der einzelnen Anlagenteile der unterschiedlichen Systeme richteten. Bei der Formulierung dieser Anforderungen standen und stehen dabei insbesondere zwei Begriffe im Vordergrund, die Rückschlüsse auf die Qualität der betrachteten Anlagenteile zulassen:

- Wirksamkeit; sie beschreibt, wie erfolgreich das System echte von unechten Alarmen unterscheiden kann,
- Zuverlässigkeit; sie beschreibt die Eigenschaft eines Systems, die vorgegebene Funktion während der gesamten Betriebsdauer in gleicher Weise beizubehalten.

Die Wirksamkeit dieser Anforderungen und daraus resultierender Prüfmethoden läßt sich daran messen, welche Aussagekraft sie bezüglich der verlangten Funktion besitzen. Unter Umständen ist eine Vielzahl unterschiedlicher Anforderungen an einen Anlagenteil eines zu prüfenden Systems notwendig, um seine Funktion genügend eng zu umreißen. Das hat zur Folge, daß erst langwierige und kostentreibende Prüfprozeduren während der notwendigen Typenprüfungen Aussagen darüber zulassen, ob ein System die gestellten Erwartungen erfüllt. Darüberhinaus muß hochqualifiziertes technisches Personal eingesetzt werden, das gegebenenfalls ständig wiederkehrende und formal gleichbleibende Prüfprozesse für ein einziges Prüfobjekt durchführen muß. Der daraus resultierende Kostenfaktor kann weder von den Herstellerfirmen noch von den Prüfinstituten hingenommen werden.

Daher ist der Wunsch verständlich, die Prüfprozeduren soweit zu automatisieren, daß eine bessere Auslastung sowohl des Prüfpersonals als auch vorhandener Meßwerkzeuge erreicht wird.

Als Konsequenz daraus wurde das Konzept eines computergesteuerten Meßplatzes entwickelt, das die weitgehende Automatisierung dieser Prüfprozeduren ermöglicht. Nachfolgend wird dazu insbesondere die Automatisierbarkeit der einzelnen Verfahrensschritte bei der Durchführung von Prüfungen untersucht und ein Katalog allgemeiner Anforderungen an das Gesamtsystem beschrieben. Darüberhinaus wird schwerpunktmäßig eine mögliche Realisierung der Betriebssoftware als steuernde Komponente des Gesamtsystems dargestellt und Anforderungen an das Geräte-Schnittstellenkonzept erläutert.

### **Einführung in die Problemstellung**

Bei Gefahrenmeldeanlagen (GMA) kann abhängig von der sicherungstechnischen Aufgabe der unterschiedlichen Systeme grundsätzlich zwischen den speziellen Gefahrenmeldesystemen Brandmeldeanlagen (BMA), Einbruchmeldeanlagen (EMA) und Überfallmeldeanlagen (ÜMA) unterschieden werden. Basierend auf der Aufgabenstellung der einzelnen Anlagenteile eines speziellen Gefahrenmeldesystems können Funktionen abgeleitet werden, die entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung gegliedert sind. Entsprechend dieser Bedeutung werden Anforderungen und daraus resultierende Prüfverfahren aufgestellt.

Die Verifikation dieser Anforderungen stützt sich prinzipiell auf zwei unterschiedliche Kategorien von Prüfungen:

– Sichtprüfungen

Sie zielen auf die Beurteilung äußerlicher Merkmale z.B. des Gehäuses, der Anschlüsse oder der Beschriftung; sie werden üblicherweise zu Beginn einer Prüfsequenz vorgenommen.

– Funktionsprüfungen (Bild 1)

Hier steht die Beurteilung systemfunktioneller Aspekte im Vordergrund, d.h.

- die zu prüfende Schaltung wird mit Betriebsspannung versorgt, also in den betriebsbereiten Zustand versetzt,

- Schaltungseingänge werden gemäß der Prüfvorschrift mit Hilfe von Signalquellen stimuliert,
- mit Hilfe geeigneter Meßgeräte wird an den Ausgängen die Reaktion der zu prüfenden Schaltung oder Schaltungsteile gemessen,
- das Ergebnis dieser Messungen wird analysiert und anschließend die Qualitätsaussage gefällt.

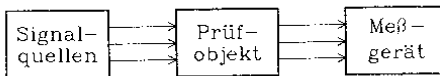


Bild 1: Prinzip Funktionsprüfung

Geprüft wird dabei nicht die Funktionsfähigkeit einzelner Bauteile oder Baugruppen sondern die Funktion ausgewählter Funktionsbausteine. Auch Umweltprüfungen fallen in diese Kategorie von Prüfungen. Allerdings wird hier das Prüfobjekt speziellen äußeren physikalischen Einflüssen unterworfen, die von den Normalbedingungen abweichen.

Aussagekräftige Angaben zur Funktionserfüllung eines Funktionsteils sind im allgemeinen erst dann möglich, wenn ausreichend viele Einzelanforderungen die Anforderung an die Gesamtfunktion genügend scharf abgrenzen. Als Folge daraus ergeben sich hohe zeitliche und personelle Aufwendungen bei der Durchführung von Prüfungen. Hinzu kommt, daß aufgrund der Umstände von Prüfprozeduren ihre Durchführung im allgemeinen ineffizient ist und sich damit sowohl die Prüfzeiten als auch die Kosten erhöhen.

Als Konsequenz daraus ergibt sich die Forderung nach einem computergestützten Meß- und Prüfsystem, das

- die Verringerung von zeitlichen bzw. personellen Aufwendungen und damit verbundener Kosten durch effektiven Einsatz vorhandener Ressourcen (qualifiziertes Personal, Meßmittel) ermöglicht,
- eine bessere Reproduzierbarkeit von Prüfungsvorgängen zuläßt und damit die Prüfungsaussage objektiviert und
- die zuverlässige Protokollierung von Prüfungsvorgängen bei Einsatz entsprechender Werkzeuge sicherstellt.

### Automatisierbarkeit von Prüfungen

Als erster Schritt bei der Realisierung eines automatisierten Meß- und Prüfsystems ist zunächst festzustellen, ob die grundlegenden Prüfverfahren (Sicht- und Funktionsprüfungen) prinzipiell einer Automatisierbarkeit zugänglich sind.

Da zur Zeit die technischen Möglichkeiten nicht ausreichen, die visuelle und intellektuelle Auffassungsgabe eines Menschen auch nur annähernd zu simulieren, kann die automatisierte (computergestützte) Lösung einer Sichtprüfung ausgeschlossen werden. Diese wird auf absehbare Zeit dem Menschen überlassen bleiben.

Die Automatisierung von Funktionsprüfungen hängt im Gegensatz dazu weitgehend davon ab, inwieweit die einzelnen Verfahrensschritte bei der Durchführung von Meßsequenzen (Bild 2) einer automatisierten Lösung zugänglich sind. Dabei läßt sich im einzelnen folgendes feststellen (vorausgesetzt wird, daß das Meßobjekt bereits an den Meßplatz angeschlossen ist):

- Auswahl der Meßsequenz (Gesamtheit sämtlicher zu überprüfender Einzelanforderungen an ein Meßobjekt):

Die Auswahl einer Meßsequenz zu einem bestimmten Meßobjekt

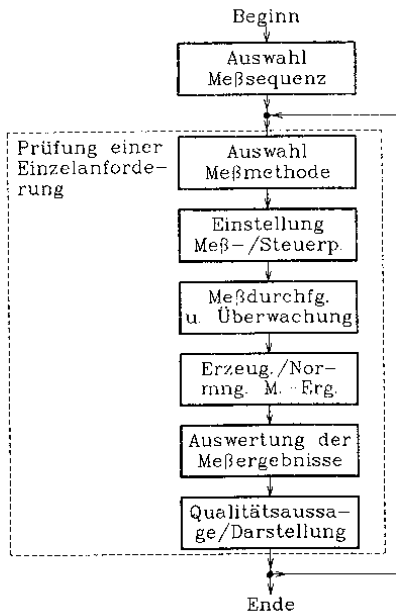


Bild 2: Verfahrensschritte einer Prüfsequenz



- (z.B. Brandmeldezentrale oder Brandmelder eines bestimmten Meldertyps) entzieht sich einer automatisierten Lösung und ist vom Prüfer vorzunehmen.
- Auswahl der Meßmethode zu einer Einzelanforderung:  
Sie ist dann automatisierbar, wenn feste Vorschriften zur Aufnahme von Einzelmessungen existieren.
  - Einstellung der Meß- und Steuerparameter:  
Sie ist dann automatisierbar, wenn eine feste Vorschrift zur Einstellung der Meß- und Steuerparameter existiert und alle Meß- und Steuergeräte über ein einheitliches Interfacekonzept verfügen.
  - Durchführung und Überwachung der Messung:  
Sie ist dann automatisierbar, wenn eine feste Vorschrift zur Einstellung der Meß- und Steuerparameter existiert und alle Meß- und Steuergeräte über ein einheitliches Interfacekonzept verfügen.
  - Erzeugung und Normierung der Meßergebnisse:  
Eine Automatisierung ist dann möglich, wenn die Datenformate der erhaltenen Meßwerte bekannt sind und geeignete Algorithmen existieren, diese Datenformate an das System zu adaptieren.
  - Auswertung der Meßergebnisse:  
Sie ist dann automatisierbar, wenn feste Auswertungsvorschriften existieren.
  - Qualitätsaussage, Darstellung der Meßergebnisse:  
Die definitive Aussage über die Einhaltung der geforderten Qualitätsmerkmale muß dem Prüfer vorbehalten bleiben. Eine Automatisierung ist zumindest bei der formale Gestaltung eines Meßprotokolls möglich.

Geht man davon aus, daß sich die einzelnen Anforderungen an ein Meßobjekt gleichzeitig als Meß- und Auswertungsvorschriften verstehen, so läßt sich aus den obigen Betrachtungen ableiten, daß die Automatisierung eines großen Teils der prinzipiellen Verfahrensschritte bei der Durchführung einer Prüfung weitgehend möglich ist. Voraussetzung dazu ist allerdings, daß diese Vorschriften so formulierbar bzw. umsetzbar sind, daß sie von einem computergestützten System verstanden und weiterverarbeitet werden können.

### **Anforderungen an das Gesamtsystem**

Auf der Basis der soeben gemachten Betrachtungen kann ein rechnergesteuertes Meß- und Prüfsystem für Gefahrenmeldeanlagen (Bild 3) beispielhaft aufgezeigt

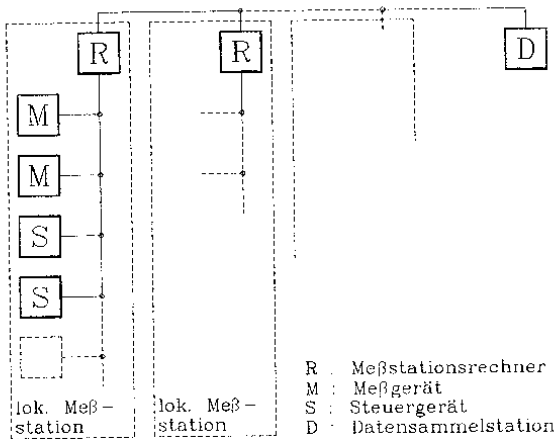


Bild 3: Computergestütztes Meß- und Prüf-system für Gefahrenmeldeanlagen

werden, das die weitgehende Automatisierung bei der Durchführung von Prüfungen ermöglicht. Gefordert ist ein variables Gesamtsystem, das aus mehreren, über ein geeignetes Netz verbundenen lokalen Meßstationen besteht. Damit wird die Kommunikation der lokalen Meßstationen untereinander möglich. Jede lokale Meßstation besteht aus einem Meßstationsrechner und daran angeschlossenen Meß- bzw. Steuergeräten. Die Realisierung der Meßstationsrechner soll mit Hilfe von PCs erfolgen, die bezüglich der notwendigen Rechen- und Speicherkapazitäten inzwischen einen ausreichend hohen Leistungsstandard aufweisen. Damit wird zusätzlich der technische und finanzielle Aufwand weitgehend minimiert, der bei dem Einsatz eines größeren Rechnersystems unvermeidbar wäre. Mit Hilfe einer geeigneten Software ist damit die einfache Konfigurierbarkeit der lokalen Meßstationen an veränderte Meßumgebungen möglich. Wird zusätzlich in das Netz eine zentrale Datensammelstation integriert, so lassen sich auch große Datenmengen austauschen und verarbeiten.

Darüberhinaus sind zusätzliche Randbedingungen an das System gestellt, um die optimale Integration der gewünschten Lösung zu ermöglichen und die Bedienung weitgehend zu vereinfachen:

- Weitgehende Automatisierung aller Verfahrensschritte.

- Implementierung einer Erklärungskomponente, die möglichst umfangreiche Informationen zu den aktuellen Prüfsequenzen und Systeminformationen bereitstellt.
- Bereitstellung aller zum Nachweis der geforderten Qualitätsmerkmale notwendigen Bestimmungs- und Meßhilfen; um die Speicherkapazität der lokalen Meßstationsrechner zu entlasten, sollen Daten für die Durchführung von Meßsequenzen in der zentralen Datensammelstation zur Verfügung stehen und über das Netz abrufbereit sein.
- Einfache Bedienung; der Prüfer soll vorwiegend die Funktion eines Beobachters einnehmen, dabei allerdings alle Möglichkeiten für Eingriffe in den Meßablauf oder der Systemoptimierung besitzen.
- Lernfähigkeit des Systems bezüglich neuer Anforderungen und Referenzen; alle durch den Prüfer vorgenommenen Optimierungen oder Anpassungen sollen entsprechend ihrer Art gespeichert und für nachfolgende Messungen als Basis- bzw. Vorschlagsgrößen zur Verfügung stehen.
- Mobilität der lokalen Meßstationen; die lokalen Meßstationen müssen einfach portierbar sein.
- Leichte Adaptierbarkeit vorhandener Meß- und Steuergeräte an die lokalen Meßstationsrechner d.h. es muß ein möglichst einheitliches und weitverbreitetes Schnittstellen- bzw. Interfacekonzept zur Verfügung stehen.

Damit ergeben sich besondere Anforderungen an die Software des Systems, die unter anderem in ihrem Umfang und ihrer Struktur so gestaltet sein muß, daß die Implementierung auf den in ihrer Kapazität beschränkten Meßstationsrechnern möglich ist.

### **Die Systemsoftware**

Die Wahl der Systemsteuersoftware muß auf der Basis der Kriterien erfolgen, die aufgrund der unterschiedlichen Aufgaben der einzelnen Funktionsteile des Gesamtprogramms bei der Abarbeitung der einzelnen Verfahrensschritte einer Prüfung zu erfüllen sind. Diese Klärung ist notwendig, um ein optimales Programmkonzept für das Gesamtsystem hinsichtlich der gewünschten systemspezifischen Eigenschaften aufstellen zu können.

In diesem Zusammenhang wenig problematisch sind die Programmabschnitte, die rein sequentielle Aufgaben zu erfüllen haben. Das sind zum einen die Programmteile, die die Einstellung der Meß- und Steuerparameter sowie die Durchführung und Überwachung der Messung vornehmen. Zum anderen sind es die Teile, die die Meßergebnisse erzeugen bzw. normieren und an der Auswertung der Meßer-

prozedurale Sprachen	objekt-orientierte Sprachen
verwenden vorab definierte Prozeduren, um Probleme zu lösen	verwenden Heuristiken, um Probleme zu lösen
sehr wirksam bei numerischer Verarbeitung	sehr wirksam bei formalen Schlussfolgerungen
Systeme werden von Programmierern erstellt und gepflegt	Systeme werden von Wissensverarbeitungs-Fachleuten (knowledge engineers) entwickelt und gepflegt
verwenden strukturierte Programmierung	interaktive und zyklische Entwicklung

Bild 4: Prozedurale und objektorientierte Sprachen.  
Gegenüberstellung /6/

gebnisse beteiligt sind. Aufgrund der hier ablaufenden gleichbleibenden prozeduralen Prozesse ist der Einsatz einer sogenannten prozeduralen oder auch verfahrensorientierten Sprache (z.B. PASCAL, FORTRAN, C, BASIC etc.) (Bild 4) angebracht.

Besondere Anforderungen an die Programmiersprache stellt jedoch das Problem der Umsetzung schriftlich fixierter, in Klartext formulierter Anforderungen in eine vom System verarbeitbare Symbolik. Diese Symbolik muß in der Lage sein, dem System z.B. die eigenständige Wahl der Meß- und Steuermittel zu ermöglichen. Darüberhinaus muß sie alle die Parameter enthalten, die zur automatischen Meßvorbereitung, Meßdurchführung und Meßauswertung erforderlich sind.

Die Verwendung einer prozeduralen (verfahrensorientierten) Sprache ist hier wenig hilfreich. Für jede zu prüfende Anforderung müßte zur Lösung des Pro-

blems zuerst ein Algorithmus z.B. zur Aufnahme einer Meßreihe festgelegt werden. Anschließend müßte dann durch einen Programmierer ein Programm erstellt werden, das eine prozedurale Sprache verwendet, um die entsprechende Prozedur zu implementieren.

Das Programm könnte dann die Prozedur beliebig oft mit unterschiedlichen Eingabedaten ausführen. Es bleibt allerdings auf Probleme beschränkt, die diese einzige Prozedur umfassen. Würde auch nur ein Parameter innerhalb einer Anforderung geändert, so müßte die Prozedur mit entsprechendem Aufwand und Programmierwissen gegebenenfalls vollständig geändert werden.

Aus diesem Grund bietet sich für diese spezielle Problematik die Verwendung einer sogenannten objektorientierten Sprache (Bild 4) an. Diese haben die Eigenschaft der symbolischen Verarbeitung, d.h. es werden Daten über Objekte und ihre Beziehungen (Relationen) zueinander verwendet. Dabei besteht das Programm aus einer Ansammlung von Daten oder Fakten und Beziehungen zwischen den Fakten. Auf dieser Basis wird ein Ziel oder eine Hypothese formuliert für das der Computer unter Verwendung von Heuristiken ("Faustregeln") die Prozedur und auch die Lösung erstellt.

Für das Problem einer automatischen Steuerung kann zum Beispiel die Beschreibung des Ziels "Steuern" durch die Fakten erfolgen, die

- den Zeitpunkt benennen, zu dem die Steuerung erfolgen soll,
- die Einstellgröße physikalisch klassifizieren und
- die Einstellgröße quantitativ beschreiben.

Der Rechner wird dann versuchen, anhand dieser Fakten das Steuergerät herauszufinden, das diesen Fakten am besten entspricht d.h. in der Lage ist, die gewünschte Steueraufgabe weitgehend vollständig zu erfüllen.

Konkret heißt das, daß einfache - aus einem einzigen Wort bestehende und mit geeigneten Parametern versehene - Befehle für das Steuern von Geräten oder die Übernahme von Meßwerten existieren. Das System wird anhand dieser Parameter die geeigneten Meß- oder Steuergeräte aus einem vorhandenen Gerätepool auswählen, die notwendigen Steuerketten zuordnen und den vollständigen sequentiellen Steuerzyklus zur Durchführung einer Messung zusammenstellen.

Ein weiteres Steuerwort und seine Parameter kann z.B. vorhanden sein, das die vollständige Auswertungsvorschrift für die Meßwertanalyse beschreibt, die im Anschluß an einen Meßzyklus durchgeführt werden muß.

Aus dieser Sicht wird klar, daß zur Lösung von Meßaufgaben für Prüfw Zwecke zur Umsetzung der in Klartext verfaßten Anforderungen nur ein relativ eingeschränkter Satz an Steuerworten notwendig ist. Die Programmierung kann also einfach durch den Prüfer erfolgen und muß nicht durch hochqualifizierte Programmierer vorgenommen werden. Das System wird also flexibel für die Modifikation vorhandener bzw. Neuformulierung ergänzender Anforderungen.

Die notwendige Hintergrundsoftware, die dazu zur Zeit entwickelt wird, ist so angelegt, daß der Prüfer - also der Experte z.B. für Brandmeldeanlagen - mit einer Benutzeroberfläche konfrontiert wird, die ihm keine umfangreiche Programmierkenntnisse abverlangt. Vielmehr wird ihm die Möglichkeit gegeben, aus seinem Verständnis der verbalen Formulierung von Anforderungen und Prüfvorschriften das aktuelle Problem mit einfachen Programmierhilfen so zu beschreiben, daß es vom System verstanden wird und die automatische Meßdurchführung erfolgen kann.

### **Das Geräte-Schnittstellenkonzept**

Eine Forderung an das Gesamtsystem galt den lokalen Meßstationen, die aus je einem Meßstationsrechner und daran anschließbaren Steuer- und Meßgeräten bestehen (Bild 5) sollen. Diese sollten Steuersequenzen zur Stimulation der Eingänge des Meßobjektes ausführen und die Reaktion des Meßobjektes mit Hilfe geeigneter Meßgeräte an seinen Ausgängen aufnehmen.

Darüberhinaus war der Anschluß von Ausgabegeräten (Plotter, Drucker, etc) zur Protokollierung der Prüfabläufe vorgesehen. Für besondere Meß- und Steueraufgaben sollte der Anschluß spezieller - auf die Meßbedürfnisse abgestimmter -, gegebenenfalls kombinierter Meß- und Steuergeräte möglich sein.

Auf der Grundlage des Gesamtkonzepts muß die Ansteuerung und Kontrolle dieser Geräte vollständig durch den Meßstationsrechner erfolgen. Damit wird der

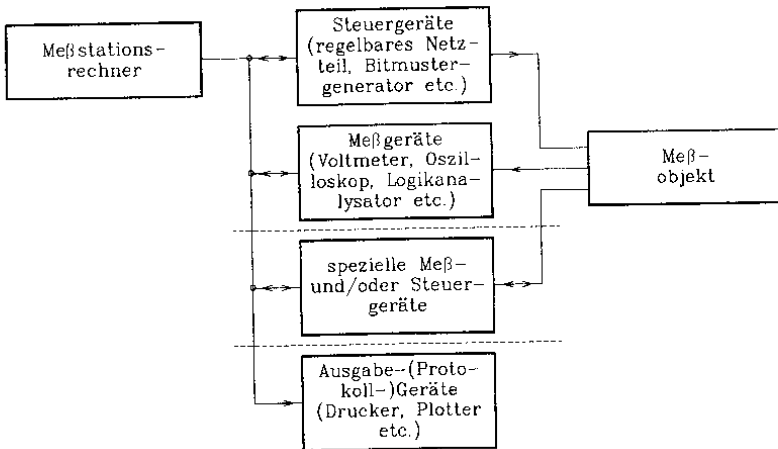


Bild 5: Konfigurationsmöglichkeiten der lokalen Meßstation

Prüfer von Bedienungsaufgaben an den Meß- und Steuergeräten weitgehend befreit. Aus dieser Forderung läßt sich ableiten, daß für alle Geräte, die an den Meßstationsrechner anschließbar sein sollen, ein einheitliches Schnittstellenkonzept vorgesehen sein muß.

Speziell an dieses Schnittstellenkonzept sind dabei folgende Anforderungen zu stellen:

- Aufgrund der begrenzten Kapazität der Meßstationsrechner muß es so angelegt sein, daß pro Meßstationsrechner eine einzige Schnittstelle genügt, um alle notwendigen externen Geräte anschließen zu können.
- Die weite Verbreitung bei Meß- und Prüfgeräten unterschiedlicher Hersteller muß gewährleistet sein, um standardisierte Geräte einfach in den Prüfvorgang einbinden zu können; die Ansteuerung rechner-spezifischer Peripherie (Drucker, Plotter etc.) muß möglich sein.
- Es muß ein hoher Datendurchsatz gewährleistet werden, um Echtzeitanforderungen zu erreichen.
- Die simultane Triggerung sämtlicher an einer Messung beteiligter Meß- und Steuergeräte muß möglich sein.

- Das Übertragungsprotokoll muß möglichst einfach und weitgehend standardisiert sein, um Geräte möglichst vieler Hersteller bzw. spezielle, für besondere Prüfzwecke zu entwickelnde Meß- bzw. Steuergeräte einfach einbinden zu können.

Aus der Vielzahl der möglichen Schnittstellen-(Interface-)konzepte, die zwischenzeitlich entwickelt wurden, wurde der sogenannte IEC-BUS ausgewählt (Schnittstelle nach IEC-625 bzw. IEEE-488), der die obigen Forderungen weitgehend erfüllt. Es handelt sich dabei um eine bei Meß- und Prüfgeräteherstellern oft verwendete Geräte-Schnittstelle, deren Ansteuerung über einen schnellen Parallel-Datenbus erfolgt.

Das BUS-Handling, also die Kommunikation der Schnittstellen untereinander erfolgt dabei über eine einheitliche Befehlssyntax, den sogenannten Schnittstellennachrichten. Zusätzlich werden sogenannte Gerätenachrichten übertragen, über die die Ansteuerung und Einstellung der BUS-Teilnehmer erfolgt. Diese Gerätenachrichten werden von den Herstellern der anzusteuernenden Geräte festgelegt und unterliegen daher keiner einheitlichen Syntax.

Aufgrund dieser unterschiedlichen Syntax ist die einheitliche Ansteuerung der verschiedenen, auf dem Markt befindlichen Meß- und Steuergeräte nicht problemlos. Es ergibt sich die Notwendigkeit einer systematischen Einteilung in Befehlskategorien derart, daß die zentrale Steuerung durch das System möglich wird. Wegen der unterschiedlichen Gerätephilosophien gestaltet sich die Suche nach gemeinsamen Merkmalen allerdings schwierig.

Auf der anderen Seite läßt jedoch die freie Wahl der Syntax bei Gerätenachrichten einen großen Freiraum bei der Entwicklung hochspezialisierter Meß- und Steuergeräte. So ist z.B. die Realisierung von angepaßten Prüfgeräten denkbar, die über genormte Prüfstecker mit den zu prüfenden Meßobjekten verbunden sind. Damit wird die direkte Überprüfung verlangter Funktionen durch die automatische Meßstation möglich. Voraussetzung dazu ist jedoch, daß sich Herstellerfirmen und Prüfinstitute auf ein einheitliches Adapterkonzept im Meßobjekt einigen können.



## **Zusammenfassung**

Es wurde ein kurzer Überblick über die Möglichkeit gegeben, prinzipielle Verfahrensschritte bei der Durchführung von Prüfungen zu automatisieren. Dabei wurden die Schwierigkeiten, die sich dabei aufzeigen, näher beleuchtet und Lösungsansätze formuliert.

Gezeigt wurde, daß bei Verwendung geeigneter Softwarekomponenten die Umsetzung der Anforderungen aus dem Klartext in eine geeignete Symbolik möglich und damit die direkte Verarbeitbarkeit durch den Rechner gegeben ist. Festzustellen bleibt, daß aufgrund der großen Freiheitsgrade der Schnittstellen von Meß- und Prüfgeräten unterschiedlicher Hersteller eine allgemeingültige Lösung hier schwerlich aufzuzeigen ist. Zumindest leistet die teilweise Automatisierung schon einen weiteren Beitrag zur Qualitätssicherung und damit auch eine objektive Verbesserung der unterschiedlichen Schutzkonzepte (Brand, Einbruch, Überfall etc.).

## **Literatur**

- /1/ Luck, H./ Siemund, B. : Grundlegende Prinzipien zur Prüfung von Brandmelderzentralen; Tagungsband AUBE 82, Universität Duisburg, Oktober 1982, S. 502-528
- /2/ Heuser, B. : Rechnergestütztes Meß- und Prüfsystem in der Qualitätssicherung; Qualität und Zuverlässigkeit; Zeitschrift für industrielle Qualitätssicherung, Januar 1982, H. 1, S. 19-22
- /3/ Stover, A. C. : ATE: Automatic Test Equipment, McGraw-Hill Book Company, 1984
- /4/ Cohen, P. C. : Heuristic Reasoning about Uncertainty: An Artificial Intelligence Approach, Pitman Publishing Limited, 1985
- /5/ Heimsoeth Software GmbH & Co. Produktions- Vertriebs-KG : Turbo Prolog, Heimsoeth & Borland, 1987
- /6/ Townsend, C. : Einführung in Turbo Prolog, Sybex-Verlag GmbH, 1987



Ch. Kainz

Allianz Versicherungs-Aktiengesellschaft, München, BRD

### Brand- und Löschversuche an EDV-Anlagen

#### Einführung

Elektronische Datenverarbeitungsanlagen sind -wie es das Wort sehr plastisch ausdrückt - Sammelstellen für zu analysierende und zu verarbeitende Daten aller Art. Der reibungslose Ablauf eines Unternehmens ist heute ohne elektronische Datenverarbeitung nicht mehr vorstellbar.

#### Störfälle

Der Ausfall einer EDVA kann durch verschiedenartigste Ursachen ausgelöst werden. An wichtigsten Gefahren sind zu nennen:

- \* Überschwemmung und Überflutung
- \* unzureichende und fehlerhafte Klimatisierung
- \* Sabotage und Terrorakte sowie
- \* Brände.

Wenn auch spektakuläre Großschäden in reinen Rechnerräumen dank relativ guter Systemsicherheits- und Brandschutzvorkehrungen selten sind, so muß doch ständig mit ihnen gerechnet werden. Bekanntgeworden sind u. a. Totalschäden in zwei Großrechenanlagen in Frankreich bzw. Australien, die trotz Halon- Raumschutzanlagen völlig ausbrannten. Bekannt sind auch einige Totalverluste vor allem von Kontroll- und Schaltern in Kraftwerken und Raffinerien, die in bezug auf Brandlast und Gefährdungspotenzial mit EDVA durchaus vergleichbar sind.

Welche Brandgefahren sind in einer EDVA gegeben?

Als Brandgut kommen vor allem Kunststoffe wie z.B. und Polyethylen als Kabelisolierung in Frage, die nach wie vor den Hauptanteil der Brandlast darstellt. Sonstige Kunststoffe wie z.B. Epoxide und Polypropylen für Leiterplatten oder Polyester für Innenausbauten sind ebenfalls stark vertreten. Aber auch Papier u.U. in großen Mengen, Holz in Form von Doppelbodenplatten, Wandverkleidungen und Mobiliar beteiligen sich an einem Brandgeschehen.

Brände im EDVA-Bereich können somit vor allem

- \* innerhalb der Maschinen und
- \* im Doppelboden

entstehen. Zu beachten ist, daß

- \* einerseits auch schwerentflammbare Stoffe brennbar sind
  - zur Entzündung wird im allgemeinen nur etwas mehr Energie z.B. in Form einer höheren Temperatur oder einer längeren Temperaturbeaufschlagung benötigt - und
- \* andererseits einmal in Brand geratene Kabel oder Leiterplatten auch nach Abschaltung der Stromzufuhr weiterbrennen können.

Neben der Brandentstehung innerhalb des eigentlichen EDV-Bereiches spielt vor allem die Brandübertragung von außen her über nicht sorgfältig abgetrennte andere Räume oder nicht abgeschottete Kabelanlagen eine große Rolle.

Eine besondere Gefahr für EDVA stellen besonders der Brandrauch und Ruß dar, die - wegen des hohen PVC-Anteils im Raum - nicht nur stark verschmutzend, sondern auch korrosiv wirken.

## Derzeitiges Schutzkonzept

Neben den systemeigenen Schutzeinrichtungen wie Temperatur- und Feuchteregelung oder Überspannungsschutz bzw. den baulichen und organisatorischen Schutzmaßnahmen werden insbesondere großräumige Rechenzentren noch gesondert brandschutz-technisch gesichert.

Hierzu gehören vor allem

- \* Brandmeldeanlagen, die meist auf Brandrauch reagieren und einen Alarm auslösen,
- \* Feuerlöschanlagen, die von Hand und/ oder automatisch aktiviert werden.

Für die Rauchererkennung werden hauptsächlich Ionisations- und optische Rauchmelder sowohl im Doppelboden als auch zur Raumüberwachung eingesetzt.

Sofern Feuerlöschanlagen installiert werden, wird im allg.

- \* der Doppelboden mit einer CO<sup>2</sup>-Löschanlage
- \* der EDVA-Raum mit einer - in Deutschland meist vorgesteuerten - Sprinkleranlage oder - in den letzten Jahren verstärkt - mit einer Halon-Löschanlage geschützt.

## Technische Probleme

Während die Zweckmäßigkeit von Brandmeldeanlagen grundsätzlich anerkannt wird, wird über die Wirksamkeit von Feuerlöschanlagen in EDVA jedoch nach wie vor diskutiert. Verschiedene Erkenntnisse aus realen Brandfällen und Abnahmen von Löschanlagen sowie Betriebsinspektionen und theoretische Überlegungen

Über einen möglichen Brandablauf führten im Allianz Brandschutz Service/ABS dazu, Teile des bisherigen Schutzkonzeptes für EDVA anzuzweifeln:

1. Aufgrund des hohen Luftdurchsatzes in EDVA-Räumen, der häufigen Umsetzung von Maschinen und der deshalb kaum deutlich und auf Dauer festlegbaren Luftströmungen, ist eine exakte und richtige Platzierung von Rauchmeldern nicht möglich.
2. Eine späte Branderkennung - insbesondere in "unbedienten", d. h. personallosen Räumen - führt zu einer größeren Brandausbreitung im Doppelboden, in den Maschinen und u. U. zu einer Brandausbreitung von einem in den anderen Bereich.
3. Wasser ist ein sehr gutes und billiges Löschmittel, mit dem grundsätzlich brennende Kunststoffe und auch elektrische/elektronische Anlagen leicht und sicher abgelöscht werden können.  
Zur Auslösung eines rd.70gradigen Sprinklerkopfes muß jedoch die Umgebungstemperatur der Düse auf 120-130 Grad Celcius anstieg sein, um so die nötige Energie für den Wärmeübergang zu erreichen. Durch den meist hohen Luftdurchsatz im Raum kann dies ohne weiteres erst nach 15 - 20 Minuten erreicht werden.
4. CO<sub>2</sub> würde sich aufgrund der erforderlichen hohen Konzentration von 30% bis 45% im Raum durchaus gut eignen, um Brände innerhalb der Maschine abzulöschen. Aber gerade wegen dieser hohen Löschkonzentration wird der Sauerstoffanteil so abgesenkt, daß auch für den Menschen Gefahr besteht.

Anstelle von Sprinkler- oder CO<sub>2</sub>-Löschanlagen wurden in der letzten Zeit stark Halon-Feuerlöschanlagen gefordert oder mindestens propagiert.

Aufgrund der aktuellen Umweltdiskussion und auch anderer negativer Eigenschaften sind diese "Halone" in den Hintergrund gerückt.

- \* Mit zunehmender Branddauer ist das in den Raum eingeblasene Halon immer weniger in der Lage, auch tiefsitzende Brände z.B. zwischen einzelnen Kabeln oder innerhalb der Geräte zu löschen. Gleichzeitig werden immer mehr Zersetzungsprodukte, d.h. Halogene, frei, die als Brom- und Flourwasserstoffe den Anteil der stark korrosiven Brandgase noch verstärken.
  
- \* Da wie bereits erwähnt die Zeitspanne bis zum Entdecken eines Brandes sehr lang sein kann, ist in einer relativ gut gekapselten Maschine u.U. der Innendruck aufgrund der verbrennungstechnisch bedingten Volumenvergrößerung der Luft und Verbrennungsgase bereits so groß geworden, daß der im Maschinenraum aufgebaute Druck durch das eindringende Halon nicht mehr ausreicht, dieses löschwirksam in die Maschine einzudringen.

#### Umweltprobleme

Der Zweite große Problembereich, der heute im Zusammenhang mit dem Einsatz von Halonen als Feuerlöschmittel angesprochen werden muß, betrifft deren Umweltverträglichkeit - oder - Umwelt-nichtverträglichkeit.

Wie aus der öffentlichen Diskussion bekannt, sind die Flour-chlorkohlenwasserstoffe, die FCKW's in den - offensichtlich stark begründeten- Verdacht geraten, die ausgesprochen lebens-wichtige Ozonschicht in der 15-50 km hochliegenden Stratos-phäre zu zerstören und damit den ungehemmten Durchgang der UV-Strahlen zu fördern.

- \* Auf der im September 1987 in Montreal abgehaltenen UNEP-Konferenz (UNEP = United Nations Environment Programm) über "Substances that deplete the Ozone Layer", also über Substanzen, die die Ozonschicht vermindern, wurden die FCKW in zwei Gruppen unterteilt:

Danach ist das "Ozonminderungspotential (ODP = Ozone Depleting Potential) der bromierten Halone 1211 und 1301 gut dreimal bzw. zehnmal so groß, wie das der "gewöhnlichen" FCKW der Gruppe I.

- \* Die Regierungen verschiedener Industrieländer insbesondere auch im EG-Raumbereiten die von der UNEP vorgeschlagene Reduzierung der Halon- Produktion ab dem Jahr 1992 vor.

#### Brandversuche

Der Allianz Brandschutz Service entschloß sich daher, mit Hilfe der von der Allianz-Sachbranche für eigene Brandschutz-Grundlagenforschung jährlich zur Verfügung gestellten Finanzmittel eine Serie von Brandversuchen durchzuführen. Untersucht werden sollte das brandschutztechnisch günstigste Löschanlagenkonzept bezogen auf Schadenausweitung und Investitionen für Löschmittel und Löschanlagen.

Es wurden zwei Hauptversuche mit über 30 Versuchen durchgeführt:

1. Brandversuche im Doppelboden mit Branderkennung über I- O-Melder und Löschung mit Sprinkler-, Sprühwasser-, CO<sub>2</sub>- und Halon-Löschanlagen sowie
2. Objektschutzversuche mit Bränden in Einzelgeräten und Anlagengruppen sowie Löschung durch CO<sub>2</sub>, Halon 1211 und 1301.



Es ist noch anzumerken, daß für die

\* Objektlöschversuche

- voll funktionsfähige sowohl abgeschaltete als auch unter Spannung stehende und Programme abarbeitende Maschinen eingesetzt wurden, die auch
- nach den Versuchen von EDV-Technikern begutachtet wurden;
- auf den Maschinen spezielle Brandmeldesysteme installiert waren, die ständig Luft aus dem Gerät absaugten und über herkömmliche Rauchmelder führten,
- und innerhalb der Geräte Löschdüsen zum Fluten mit CO<sup>2</sup> bzw. mit Halon 1211 und 1301 eingebaut waren.

Versuchsergebnisse

Aus der Vielzahl an Versuchsdaten hier die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammengefaßt:

1. Doppelversuche:

- \* Innerhalb von jeweils 2 - 3 Minuten war - sofern keine Löschung des Kabelbrandes erfolgte - der gesamte Brandversuchsraum so völlig und dicht verqualmt, daß keinerlei optische Beobachtungen mehr möglich waren.
- \* Normale Sprinklerköpfe mit 68°C Auslösetemperatur lösten nicht aus und konnten eine Brandausbreitung in die Maschine hinein nicht verhindern.

- \* Sowohl bei den 30%igen CO<sup>2</sup>- als auch den 50%igen Halon-Löschversuchen wurden die Löschanlagen bereits nach ca. ca.40 Sekunden automatisch über die Rauchmelder im Doppelboden ausgelöst und die Brände schnell und völlig gelöscht. Die Brandausbreitung war jeweils minimal und noch weit davon entfernt, die Maschine zu erreichen. Die Rauchentwicklung war sehr gering.

## 2. Maschinenversuche:

- \* Die auf den Maschinen installierten Rauchmelder detektierten die Brände nach 30-50 Sekunden.
- \* Sowohl die beiden Halone als auch das CO<sup>2</sup> löschten die Brände schnell und sicher, bevor eine wesentliche Brandausbreitung stattfand.
- \* Sowohl bei Flutungen über Löschanlagen als auch bei Löschungen mit tragbaren CO<sup>2</sup>- und Halon-Feuerlöschern, bei denen sogar Eisbildung auftrat, konnten bei den anschließenden Funktionsprüfungen keinerlei Schädigungen durch den sogenannten "Kälteschock" festgestellt werden.
- \* Die Rauchentwicklung war, bedingt durch die frühe Detektierung und der damit verbundenen sofortigen Löschung äußerst gering.

### Erkenntnisse für eine neue Brandschutzkonzeption

Die vom ABS durchgeführten Brandversuche zeigen, daß in EDV-Anlagen, aber auch in Schaltanlagen, Warten usw. anstelle von Halon durchaus auch andere, weniger umweltschädigende Löschmittel (wie z.B. CO<sup>2</sup>) eingesetzt, zumindest aber durch verstärkten Einsatz von Objektschutzanlagen die auszustößenden Halonmengen drastisch gesenkt werden können.

Dem Einbau von Löschanlagen einschließlich dem Meldeteil steht nach umfangreichen Gesprächen mit Geräte- und Löschanlagenherstellern, Verband der Sachversicherer, Fernmeldetechnischen Zentralamt, usw. nichts mehr im Wege.

Mit Erscheinen einer vds-Richtlinie kann in Kürze gerechnet werden.



Morten Avlund  
ElektronikCentralen, Hoersholm, Denmark

The European Approach for Smoke Measurements is getting Worldwide Acceptance

**Introduction**

When the characteristics of ionization smoke detectors are tested in smoke boxes and fire laboratories, a stable and reliable measuring instrument for reference measurements of smoke density is needed. R&D work at universities, smoke detector manufacturers, and testing institutes resulted in various designs of measuring instruments in the past /2//3/. Although none of these instruments became commercially available, they provided valuable contributions as forerunners for the Measuring Ionization Chamber (MIC).

The MIC was developed by Cerberus Ltd. of Switzerland in the early seventies /4//5/. The MIC concept rapidly proved its qualifications as a reliable measuring instrument and was then specified as reference instrument in the European standard for smoke detectors /1/, prepared by CEN/TC72. Since then, the application of the MIC has gradually spread to other parts of the world and it is now specified also by International Organization for Standardization, ISO and Underwriters Laboratories, UL.

ElektronikCentralen produces a smoke measuring system based on the MIC and have sold over 150 systems to more than 20 countries in Europe, North and South America, The Middle East, The Far East and Australia.

**Smoke Measuring Equipment - Design and Specifications**

The smoke measuring equipment consists of the MIC, an amplifier with power supply, a suction control unit and a vacuum pump.

The MIC has a measuring volume with a parallel plate electrode configuration in which the radioactive source is part of one of the electrodes. The ionization in the measuring volume is uniform and approximately parallel to a constant electrical field, resulting from the chamber voltage applied to the electrodes. Air is sucked through the chamber without disturbing the ion flow in the measuring

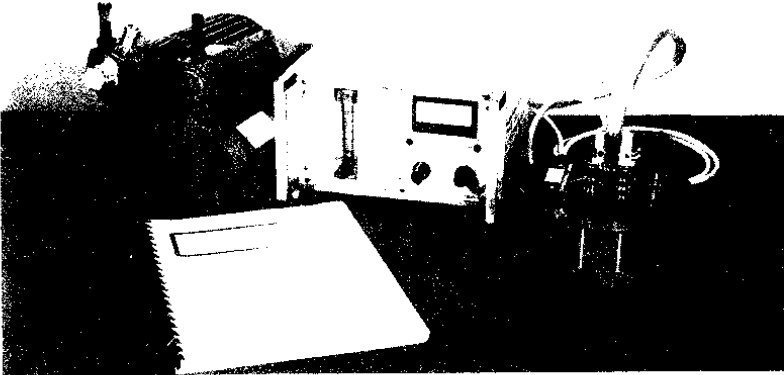


Fig. 1. Smoke measuring equipment type EC23095. Left: vacuum pump, middle: amplifier and suction control unit, right: MIC.

volume, since the air flows in a duct, which is separated from the measuring volume by means of a wire mesh. Smoke is transferred from the air flow to the measuring volume by diffusion.

The current in the MIC is a function of the smoke density. After adequate amplification of the current, outputs are provided for recording of the smoke density. The smoke density can also be measured by a build-in meter on the amplifier, which in addition supplies the operating voltage for the MIC and contains electrical calibration and adjustment facilities.

The smoke measuring equipment type EC 23095, manufactured by ElektronikCentralen conforms to the European Standard EN54-7. The specifications for the equipment are shown in the enclosure. The equipment has been designed with emphasize on high reliability and minimum maintenance and service.

#### Demand and Market Distribution

The smoke measuring equipment is produced in small series in accor

dance with the demand which has been quite steady over the years. The major part of the measuring systems has been sold to USA but also The Far East has received several systems. About 75% of the produced systems has been sold to countries outside Europe, a fact which indicates that the European approach for smoke measurements is getting worldwide acceptance.

#### **Calibration and Service**

In order to ensure the specified measuring accuracy for smoke measuring equipment type EC23095, each MIC is calibrated with smoke before delivery. The calibration is made against a MIC nominated as reference standard at ElektronikCentralen and certified by written statement (see enclosure). So, smoke measurements carried out with the equipment in different parts of the world can be compared directly. Regular smoke calibrations of the MIC is usually not necessary, since the smoke sensitivity of the MIC is determined mainly by the mechanical construction of the ionization chamber and thus stable when properly maintained. However, ElektronikCentralen provides calibration and repair service which is available to our customers.

#### **Final remarks**

In addition to the MIC, EN54-7 specifies a light extinction meter for smoke density measurements. Drawbacks with available smoke densitometers have encouraged Cerberus Ltd. to develop also an optical reference instrument called MIREX. The MIREX satisfies the need for a practical and reliable optical counterpart to the MIC and is expected to gain a similar international demand.

#### **References**

- /1/ European Standard EN54-7: "Components of automatic fire detection systems. Point type smoke detectors; Detectors using scattered light, transmitted light or ionization", July 1982.
- /2/ H.H. Gilson & J.P. Hosemann: Messkammer nach dem Kleinionen-anlagerungsprinzip zum quantitativen Nachweis von Aerosolpartikeln. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen Nr. 2336, 1973.

- /3/ P.E. Burry: Standard Ionization Chambers. Tagungsbericht zum 7. internationalen Vortragsseminar über Probleme der automatischen Brandentdeckung, Aachen 5. und 6. März 1975.
- /4/ A. Scheidweiler: The ionization chamber as smoke-dependent resistance.
- /5/ A. Scheidweiler: Description of the Measuring Ionization Chamber (MIC).
- /6/ MIREX, Smoke Density Monitor, Operation Guide, Cerberus November 1986.
- /7/ M. Avlund: ECR-71: Reference Measurements of Smoke Density, ElektronikCentralen, May 1977.



Specifications for Smoke Measuring Equipment, Type EC23095

The equipment conforms with the standard EN54-7 issued by the European Committee for Standardization, CEN, July 1982.

**Measuring Ionization Chamber (MIC), Type EC23095-1**

- Relative smoke sensitivity:  $x_{rMIC} = 1.00 \pm 3\%$ , where  $x_{rMIC}$  is the smoke density measures with a MIC type EC23095-1 nominated as reference standard at ElektronikCentralen
- Clean air chamber current,  $I_{CHO} = 100 \text{ pA}$
- Clean air chamber resistance,  $R_{CHO} = 1.9 \cdot 10^{11} \Omega \pm 5\%$   
measured at:  $p = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa (760 mmHg)}$   
 $\theta = 25^\circ\text{C}$   
 $h = 50\% \text{ R.H.}$
- Radioactive source: Isotope:  $\text{Am } 241$   
Activity:  $129.5 \text{ kBq (3.5 } \mu\text{Ci)} \pm 5\%$   
Average  $\alpha$ -energy:  $4.5 \text{ MeV} \pm 5\%$
- Suction rate:  $30 \text{ l/min.} \pm 10\%$
- Outputs: BNC connector for electrometer ( $100 \text{ pA range } R_i \leq 10^9 \Omega$ )  
multipole connector for amplifier/power supply

**Amplifier with Power Supply, Type EC23095-2**


- Power requirements:  $120, 220 \text{ or } 240 \text{ VRMS} \pm 10\%$  (other voltages on request),  $50 - 60 \text{ Hz}$ ,  $20 \text{ watts}$
- Amplifier accuracy (recorder output):  $\pm 4\% \text{ FSD (1.0 V)}$

**Suction Control Unit, Type EC23095-3**

- Suction rate: Adjustable between  $0-50 \text{ l/min.}$
- Exchangeable filter: Pre-filter P/N 448842 from MSA.

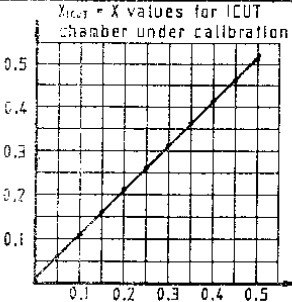
**Vacuum pump Rietschle, Type TL 3V**

- Principle: Vane-type
- Mains voltage:  $120, 220 \text{ or } 240 \text{ VRMS} \pm 10\%$  (other voltages on request)
- Frequency:  $50 \text{ or } 60 \text{ Hz}$
- capacity:  $3,8 \text{ m}^3/\text{h}$
- quiet operation (noise level  $\approx 60 \text{ dBA}$ )

 <b>ElektronikCentralen</b>	<b>Certificate of calibration</b> <b>COMPARATIVE SMOKE</b> <b>DENSITY MEASUREMENTS</b>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------	--

1. IDENTIFICATION			
Client: BC	Date: 890215	Sign.:	Job no.:
			Y3720

2. EQUIPMENT UNDER TEST (EUT)			
Item: Measuring Ionization chamber (MIC)	Type: EC-23095-1	EUT-1: rMIC	EUT-2: ICUT
Manufacturer: ElektronikCentralen	Serial no.:	B30101	780501

3. MEASURING RESULTS			
EC record no.:	Results in terms of X for the →	$X_{rMIC}$	$X_{ICUT}$
890215-1	listed sets of corresponding values.		
<p><math>X_{ICUT} = X</math> values for ICUT chamber under calibration</p>  <p><math>X</math> values for reference chamber = <math>X_{rMIC}</math></p>	1	0.000	0.000
	2	0.050	0.060
	3	0.100	0.110
	4	0.150	0.160
	5	0.200	0.210
	6	0.250	0.260
	7	0.300	0.315
	8	0.350	0.360
	9	0.400	0.410
	10	0.450	0.460
	11	0.500	0.510
	12		
	13		
Regression line:	$X_{ICUT} = 1.01 \cdot X_{rMIC} + 0.01$	$r^2 = 0.9997$	

4. MEASURING CONDITIONS					
Condition:	Parameter:	Symbol:	Unit:	Result:	Result:
In clean air	Chamber volt.	$V_{CHB}$	VDC	rMIC	ICUT
	Chamber curr.	$I_{CHB}$	pA	18.3	19.1
	Suction rate		l/min	100	100
Environmental	Air temperat.	$\theta$	° C	22.0	[ 746 mmHg)
	Air pressure	$p$	mbar	994	
	Air velocity	$v$	m/sec	0.2	
	Air humidity	$h$	o/o	33	

MEASURING INSTRUMENTS			
Test set-up:	Item:	Type:	No.:
P.S. 1	Power supply	A/PS EC 23095-2	EC-23875
P.S. 2	Power supply	A/PS EC 23095-2	EC-23877
E 1	Electrometer	Keithley 610 C	EC-23547
E 2	Electrometer	Keithley 610 C	EC-23592
R	Y,t recorder	Watanabe	EC-23651
S.G.	Smoke generator	TSI 3075	EC-23896
$V_{CHB}$	Digital multimeter	HP 3468A	EC-23690
$V_{CHC}$	Digital multimeter	Fluke 77	EC-23769

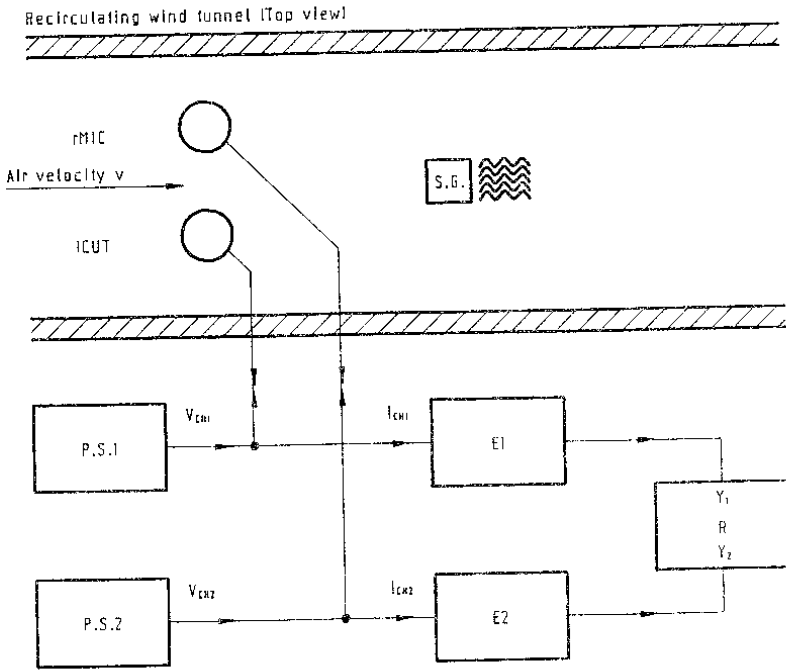
SZOF02Z.BB.A



ElektronikCentrallen

Certificate of calibration  
COMPARATIVE SMOKE  
DENSITY MEASUREMENTS

6. MEASURING SET-UP



7. MEASURING PROCEDURE

The measuring ionization chambers (rMIC and ICUT) are exposed to a slowly increasing smoke density produced by a paraffin oil aerosol generator. The currents in the ionization chambers are measured and recorded. The recording is used for evaluation of the smoke sensitivity of the ICUT with respect to the smoke sensitivity of the rMIC.

The measured smoke densities are expressed in terms of the dimensionless quantity  $X$  defined by the equation.

$$X = \frac{I_{CR2} - I_{CR1}}{I_{CR1}} \quad (0 \leq X \leq 1)$$

Where  $I_{CR1}$  is the quiescent ionization chamber current in clean air,

and  $I_{CR2}$  is the ionization chamber current in the presence of smoke.

ECX-29601-2  
SZ06023.88



Th. Capaul

Cerberus AG, 8708 Männedorf, Schweiz

MIREX, ein neues optisches Rauchdichte-Messgerät nach dem Extinktionsprinzip

1. Einleitung

Die europäischen Normen EN54/7 und EN54/9 beschreiben Anforderungen an automatische Rauchmelder. Für die Durchführung der Prüfungen sind Messmethoden und Geräte erforderlich, mit deren Hilfe die Widerstandsfähigkeit der Melder in bezug auf bestimmte Umwelteinflüsse untersucht werden kann.

Eine Sonderstellung nehmen diejenigen Messgeräte ein, welche der quantitativen Erfassung der Brandkenngrösse Rauch dienen.

Entsprechend EN54/7 werden die Melder in einem Rauchkanal geprüft, wobei ihre Ansprechschwelle mit Hilfe eines künstlichen Aerosols gemessen wird.

In EN54/9 sind Brandversuche beschrieben, welche das Ansprechverhalten gegenüber verschiedenen Brandarten aufzeigen sollen. Diese Versuche werden in einem standardisierten Brandversuchsraum durchgeführt.

Sowohl für die Messungen am Rauchkanal als auch im Brandversuchsraum wird verlangt, das Ansprechen der Melder nach zwei physikalisch verschiedenen Methoden zu messen. Hierdurch soll u.a. die Reproduzierbarkeit der Brandversuche überprüft werden. Einmal wird die Rauchdichte mit Hilfe einer Ionisationskammer gemessen, wobei insbesondere der unsichtbare Teil des Aerosolspektrums erfasst wird, zum anderen wird die Lichtextinktion durch Rauch als Kriterium herangezogen.

Da es für derart spezielle Prüfungen auf dem Markt keine geeigneten Geräte gab, wurde bereits in den 70er Jahren von der Firma Cerberus AG, Schweiz, eine Messionisationskammer entwickelt (1). Hergestellt und geliefert wird heute ein komplettes System durch das dänische Institut Elektronik Centralen (2).

Was die Extinktionsmessung anbetrifft, so konnte zwar ein Gerät auf dem deutschen Markt gefunden werden, jedoch ist es für diese Anwendung nicht unbedingt optimiert.

Aus diesem Grunde und wegen seiner Bedeutung für die Prüfung von Rauchmeldern entwickelte die Cerberus AG daher ein Extinktionsmessgerät (MIREN), das speziell auf die Bedürfnisse von EN54/7 und EN54/9 ausgerichtet ist.

Ziel dieser Entwicklung war es u.a., einen Beitrag zur Messtechnik auf einem Randgebiet der Physik zu leisten, das ein spezielles Know-how verlangt. Eine jahrzehntelange Erfahrung auf dem Gebiet der Rauchdetektion konnte bei der Konzipierung des Gerätes genutzt werden.

## 2. Aufgaben eines Rauchdichte-Messgerätes in EN54

Die Hauptaufgabe eines Extinktionsmessgerätes nach EN54/7 besteht darin, die Ansprechschwelle eines Rauchmelders mit hinreichender Genauigkeit zu messen, damit entschieden werden kann, ob ein Melder durch eine Umweltprüfung, wie z.B. Feuchte, Korrosion, Wind, etc. eine unzulässige Abweichung erfahren hat. D.h. es kommt darauf an, relative Änderungen zu messen.

In den Prüfungen nach EN54/9 werden die Melder, wie erwähnt, verschiedenen Testbränden ausgesetzt. Eine Prüfung gilt als bestanden, wenn das Ansprechen der Melder vor bestimmten absoluten Grenzwerten der Rauchdichte erfolgt. Die Messgeräte sind während der Tests einer Belastung in bezug auf Temperatur und Verschmutzung ausgesetzt. Es kommt daher wesentlich darauf an, dass die Geräte über eine längere Zeit wartungsfrei arbeiten und generell servicefreundlich konzipiert sind.

Die in EN54/7 beschriebene Methode für die Messung der Extinktion weist jedoch gewisse Mängel auf, die auch erkannt wurden. Sie sind bereits Gegenstand von Diskussionen im Rahmen einer entsprechenden Revision.

Insbesondere erlauben die festgelegten Toleranzen die Verwendung verschiedener Extinktionsmessgeräte, was zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann. Bei der Abfassung der Norm vor über 10 Jahren musste man sich jedoch nach dem Stand der Technik richten. Es hätte keinen Zweck gehabt, eine Spezifikation aufzustellen, die nicht erfüllbar gewesen wäre. Heute stehen jedoch bessere Methoden zur Verfügung. Das hier beschriebene Gerät nutzt den technologischen Fortschritt vor allem im Bereich der Halbleitertechnik voll aus.

### 3. Mess-Ergebnisse

Neben der Erfüllung der EN54/7-Spezifikation galt es aber auch, ein anderes Problem zu lösen.

Die meisten europäischen Prüfinstitute führten seinerzeit als Extinktionsmessgerät ein Produkt der Firma Sick BRD ein. Dieses Gerät arbeitet mit einer speziellen Glühlampe als Lichtquelle in Verbindung mit bestimmten Filtern. Hierdurch wird die in Fig.1 dargestellte spektrale Charakteristik erreicht.

Seit über 10 Jahren wird dieses Gerät nun als Standard verwendet, und es ist verständlich, dass bei einem Wechsel des Messgerätes der Anschluss an die vorhandenen Daten sehr gewünscht wird. Dies stellte eine nicht einfach zu erfüllende Randbedingung dar.

Wie aus Fig.2 bis Fig.4 hervorgeht, wurde diese Aufgabe jedoch zufriedenstellend gelöst. Die Kurven zeigen den Verlauf der Rauchdichte entsprechend TF2, TF4 und TF5, wobei stets das MIREX-Gerät mit dem Extinktionsmessgerät der Firma Sick verglichen wurde.

Bei der Mirex-Entwicklung wurde insbesondere der Forderung nach wartungsfreiem Einsatz über eine ausreichend lange Zeit und nach Servicefreundlichkeit Rechnung getragen. Eine erste Serie wurde bereits ausgeliefert und befindet sich z.Zt. im praktischen Einsatz.

### 4. Funktionsbeschreibung des MIREX

Das MIREX-Gerät besteht aus zwei mechanisch getrennten Einheiten, der Messeinheit und dem Kontrollgerät. Die Messeinheit ist an der Decke oder am Rauchkanal montiert und über ein Spezialekabel mit dem Kontrollgerät verbunden.

Die Messeinheit, welche die gesamte Optik und die Übertragungselektronik enthält, zeichnet sich vor allem durch eine kompakte, leicht zu installierende Bauweise aus. Sie arbeitet mit einer gepulsten GaAs-IR-LED (s. Fig.5) als Sender und einer Silicon-PIN-Photodiode als Empfänger.

Sender und Empfänger befinden sich im gleichen Gehäuse, d.h. die Messstrecke ergibt sich durch Reflexion an einem Spiegel, der im Abstand von 1 m montiert wird.

Für die Anwendung am Rauchkanal kann natürlich eine andere Distanz gewählt werden. Versuche haben ge-

zeigt, dass kein störender Einfluss durch Rückwärtsstreuung entsteht.

Das Kontrollgerät ist als 19"-Rack konzipiert und enthält neben allen Anzeige- und Bedienelementen verschiedene Einschübe für die Signalverarbeitung und die Energieversorgung. Je nach Bedarf stehen die Messwerte Transmission und Extinktion zur Verfügung. In einem wahlweise verwendeten Rechereinschub können diese Werte in die Einheiten %/m oder dB/m umgerechnet werden.

Verschmutzungen der Optik, die sich automatisch durch die Brandversuche ergeben, werden angezeigt und in einem weiten Bereich kompensiert, wobei eine Fehleranzeige erfolgt, wenn die Nullpunkt-Nachführung nicht mehr möglich ist.

Durch einschwenkbare Filter kann eine Funktionskontrolle vorgenommen werden, welche zeigt, dass das gesamte Gerät noch innerhalb seiner Toleranzen funktioniert.

In der Kontrolleinheit ist auch ein Einschub für den Betrieb einer MIC-Ionisationskammer vorgesehen.

Die Funktionsweise des Gerätes ist aus dem Blockschaltbild in Fig.6 ersichtlich.

#### Literaturverzeichnis:

- |     |                 |                                                                                     |
|-----|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) | A. Scheidweiler | Fire Technology, May 76<br>The Ionization Chamber<br>as smoke dependent<br>resistor |
| (2) | M. Avlund       | ECR-71<br>Reference Measurements<br>of smoke density                                |



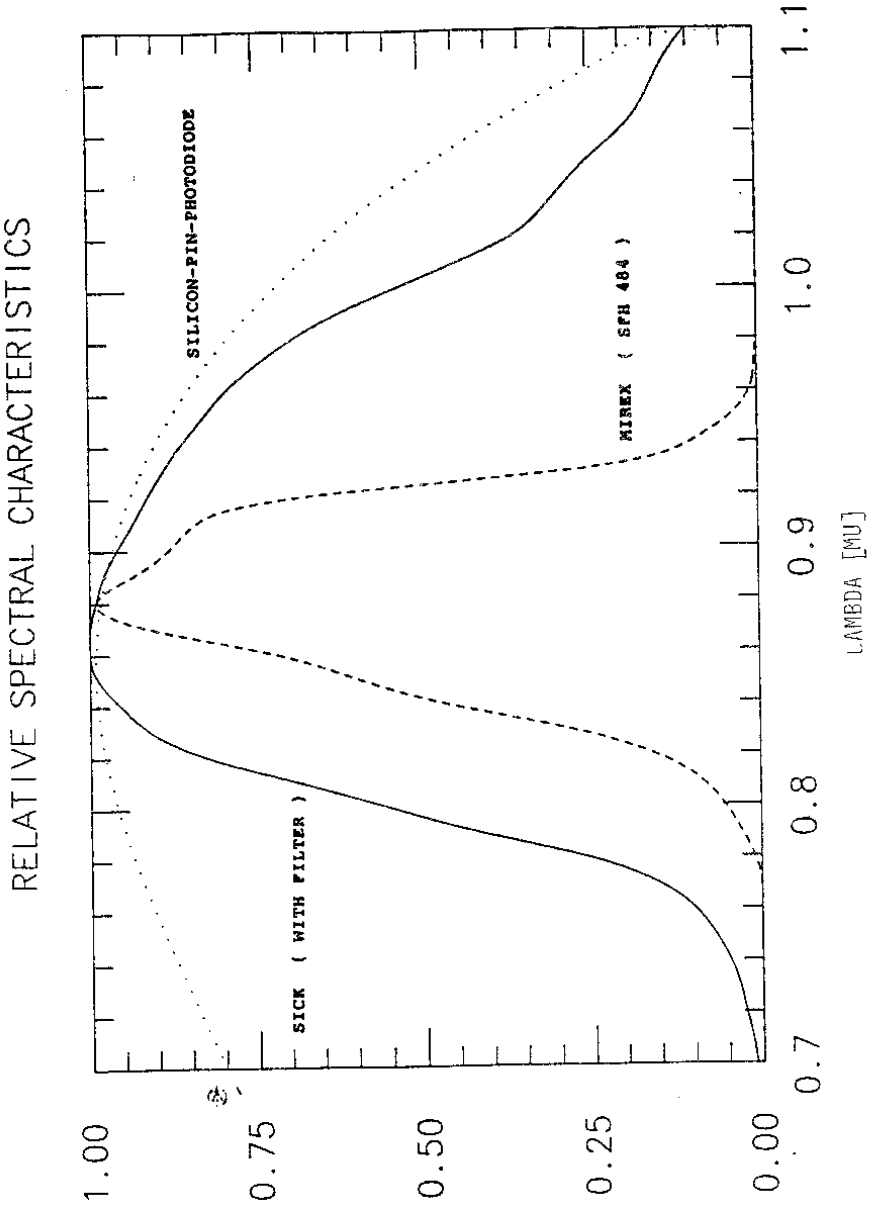


Fig. 1

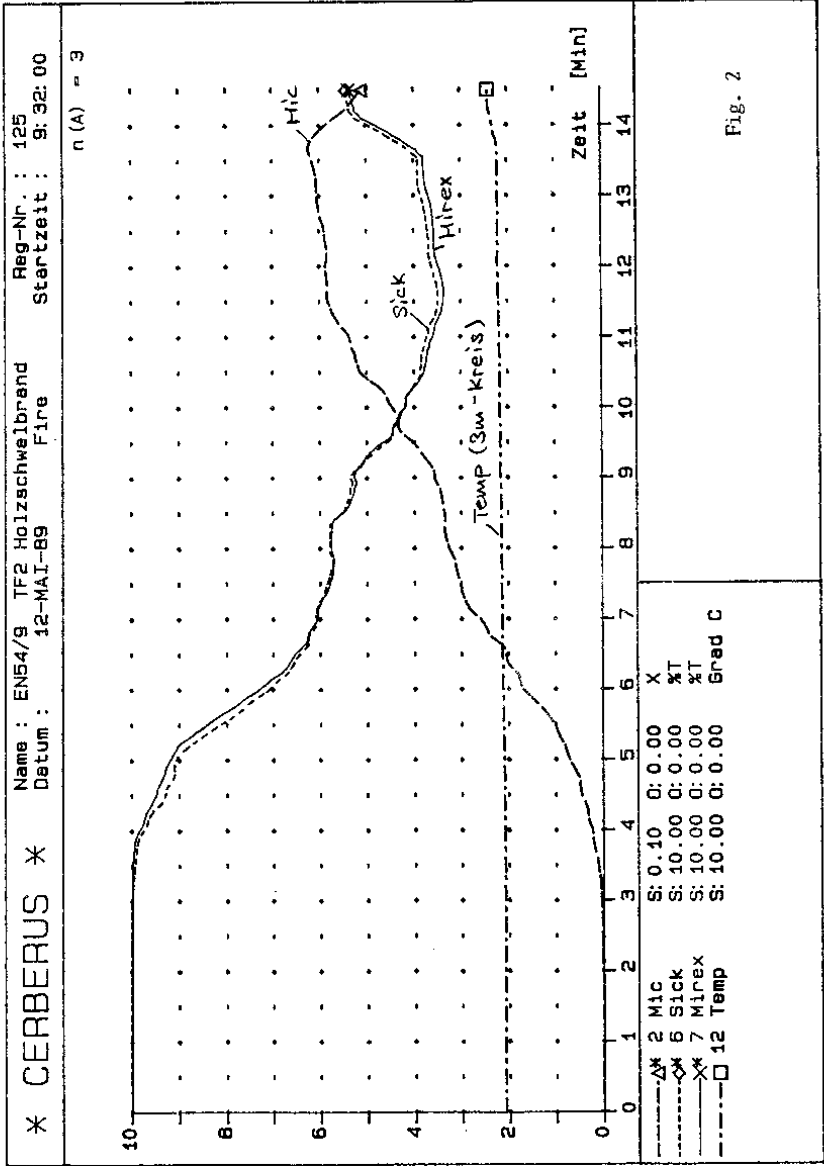
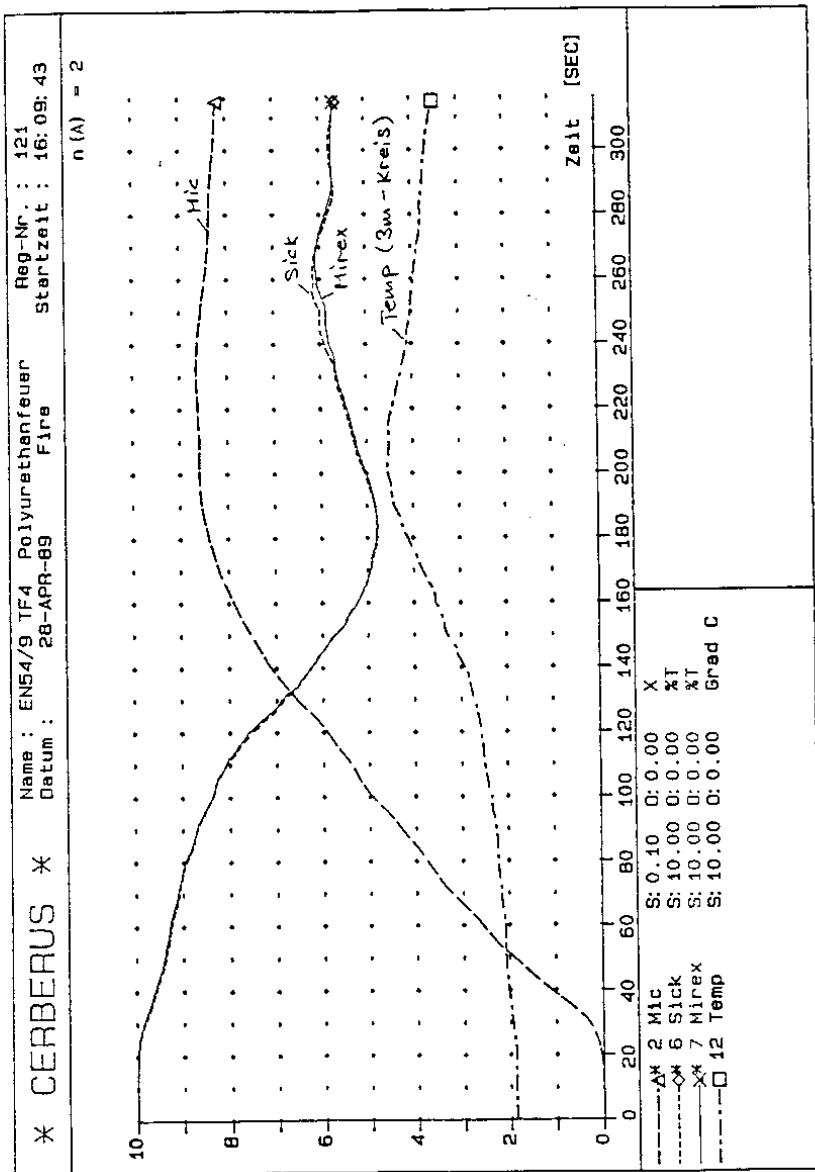


Fig. 2

Fig. 3



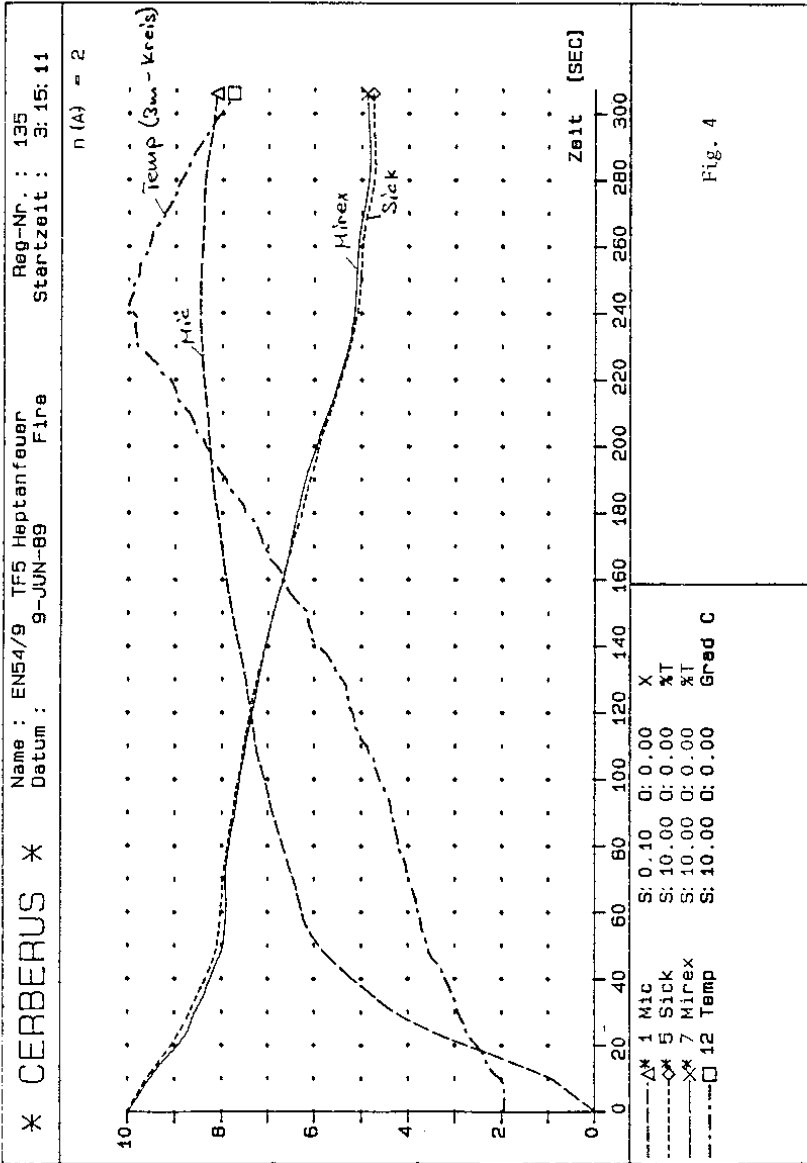
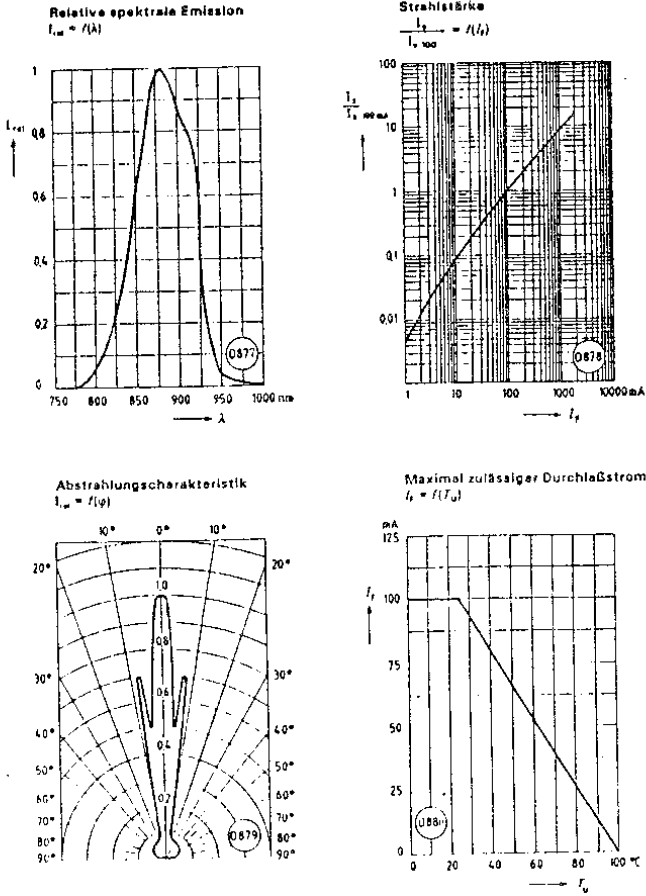


Fig. 5

GaAlAs-IR-Lumineszenzdiode (880 nm)

SFH 484



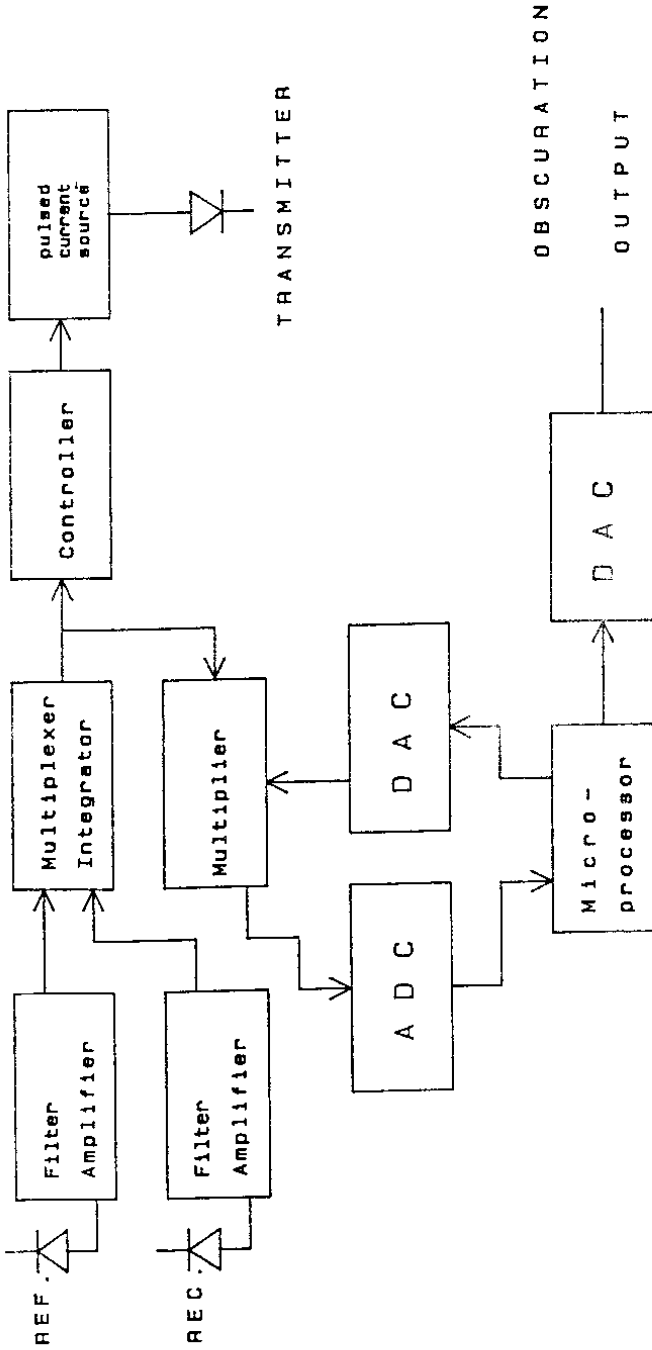


FIG. 6 MIREX DIAGRAM

U. Kraemer  
NT Universität Duisburg, Duisburg, Bundesrepublik  
Deutschland

Ein computergestütztes Verfahren zur Planung für den  
Einbau von Flammmeldern

1. Einleitung

Ein wichtiges Element bei der Realisierung von Brandmeldeanlagen ist der Flammmelder, dessen optimale Platzierung und Ausrichtung eine frühzeitige und sichere Entdeckung eines Brandes unterstützt.

Die Planung der Anordnung von Flammmeldern in Räumen stellt (mit dem Ziel einer optimalen Raumüberwachung bei möglichst geringer Melderanzahl) ein komplexes Problem dar. In Einzelfällen muß der Planer einer Brandmeldeanlage seine Überlegungen zur Positionierung der Flammmelder durch aufwendige Brandversuche verifizieren.

Ziel der vorgestellten Arbeit [1] ist es, den Planer von Brandmeldeanlagen bei der Anordnung von Flammmeldern zu unterstützen. Dazu wird der von Melderanordnungen zu überwachende Bereich grafisch auf einem Rechner dargestellt. Damit wird eine schnelle und effektive Planung unterstützt. Die Anzahl kostspieliger Brandversuche kann gegebenenfalls reduziert und der Aufwand an zu montierenden Meldern auf ein Minimum beschränkt werden. Das Programm bietet dem Anwender folgende Möglichkeiten:

- Definition von Räumen beliebiger Grundrisse
- Definition von Einbauten (z.B. Regalen) beliebiger Grundrisse
- Definition von Flammmeldern verschiedener Empfangscharakteristiken
- Positionierung und Ausrichtung von Flammmeldern im definierten Raum
- Berechnung der überwachten Bodenfläche (bzw. Schnittebene im zu überwachenden Raum)

- Archivierung aller Einzeldaten und Grafiken, die bei der Arbeit mit dem Programm errechnet werden

## 2. Modellbildung des zu überwachenden Raumes

Flammenmelder, die Strahlung im infraroten, sichtbaren und/oder ultravioletten Spektrum des Lichtes detektieren, lassen sich mit den Gesetzen der geometrischen Strahlenoptik gut beschreiben und werden im folgenden ausschließlich behandelt. Für einen Flammenmelder läßt sich (vergleichbar zu einer optischen Strahlquelle) eine Richtcharakteristik für die Empfindlichkeit im verwendeten Wellenlängenbereich angeben.

Für die vorgestellte Arbeit wurden folgende Annahmen getroffen:

- In guter Näherung läßt sich die Charakteristik eines Flammenmelders als rotationssymmetrisches Volumen um die optische Melderachse beschreiben.
- Da die indirekt auf einem Flammenmelder auftreffende Strahlung in der Regel um ein vielfaches schwächer ist als die direkt auftreffende, wird bei den Berechnungen nur die direkt auftreffende Strahlung berücksichtigt. Dies ist insbesondere für Einrichtungsgegenstände und verwinkelte Räume von Bedeutung.

Im folgenden werden beispielhaft die einzelnen Phasen der Arbeit mit dem Programm vorgestellt.

### 2.1 Die Raumgestaltung

Die Raumgestaltung erfolgt in zwei Schritten. Zuerst legt der Anwender die äußeren Raumabmessungen fest. Daraufhin werden Einrichtungsgegenstände oder Trennwände im Raum plazierte. Diese Objekte unterliegen aus rechentechnischen Gründen gewissen Einschränkungen. So steht jeder Gegenstand auf dem Boden, hat ebene Seitenwände, die senkrecht zum Boden verlaufen und eine zur Grundfläche parallele Deckfläche. Weiterhin sollte es sich um sogenannte konvexe Körper handeln. Dies sind Körper ohne Einschnürungen oder Einbuchtungen. Mathematisch ausgedrückt muß jede Verbindungssehne zweier beliebiger Punkte des Körpers innerhalb



des Körpers liegen. Durch die Forderungen an Deck- und Bodenfläche eines Körpers muß nur noch die Grundfläche konvex sein (dies wird bei der Konstruktion der Grundfläche vom Programm überwacht).

Die so konstruierten Objekte dürfen ineinander verschachtelt sein, womit es möglich ist, auch Gebilde mit gewölbten Deckflächen oder nicht konvexe Körper anzunähern. Die Anzahl der Objekte und deren Ecken wird vom Programm her nicht beschränkt, wobei die Speichergröße des Computers aber Grenzen setzt. Die Verwaltung der konstruierten Objekte findet dynamisch im Hauptspeicher des Rechners statt. Dabei wird mit Zeigern gearbeitet, die auf die verschiedenen Datensätze weisen.

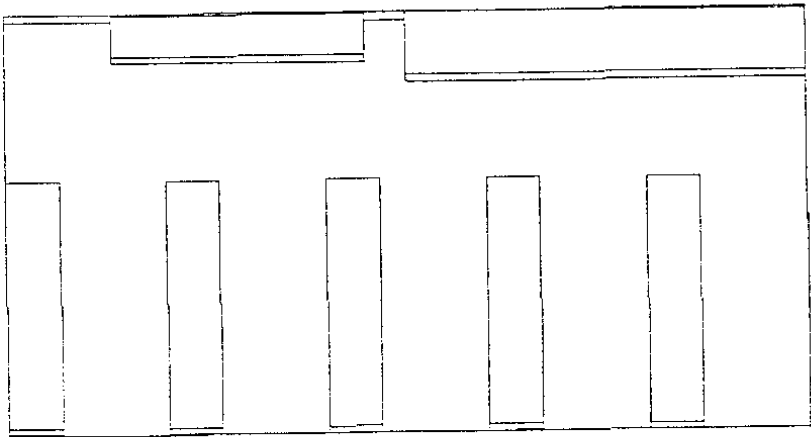


Bild 1: Draufsicht auf einen Raum mit Einbauten

Die Daten eines fertig gestalteten Raumes können nach erfolgter Konstruktion gespeichert werden.

## 2.2 Detektoren

Wie schon in der Einleitung erwähnt, ist die Richtcharakteristik der hier verwendeten Flammenmelder jeweils ein rotationssymmetrisches Gebilde bezüglich der optischen

Melderachse. Zur vollständigen Beschreibung eines Melders reicht somit die Angabe der relativen Empfindlichkeiten bei Winkeln von  $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$  in einer Schnittebene und die Angabe einer maximalen Reichweite in Richtung der optischen Hauptachse.

Um in einem Raum mehrere Flammenmeldertypen zu installieren oder die unterschiedliche Ausleuchtung durch einzelne Melder zu untersuchen, können verschiedene Richtcharakteristiken in beliebiger Anzahl definiert werden. Die Definition neuer Richtcharakteristiken erfolgt in Schritten von  $5^{\circ}$ , wodurch eine sehr gute Näherung an jede reale Meldercharakteristik erreicht wird.

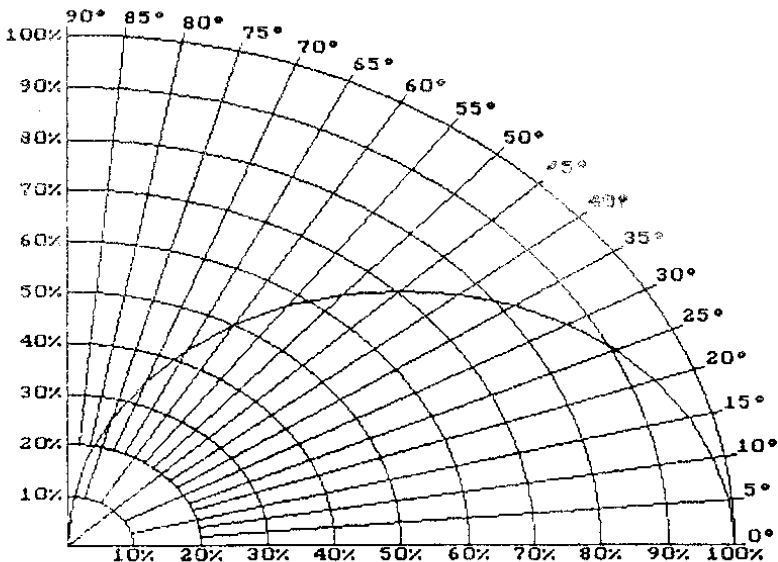


Bild 2: Schnitt durch eine Richtcharakteristik (hier Lambertstrahler)

Um eine neue Richtcharakteristik zu definieren sind zwei Vorgehensweisen möglich:

- Eine bestehende Richtcharakteristik wird punktuell modifiziert
- Alle Angaben von Reichweiten unter den Sichtwinkeln von  $0^\circ$  bis  $85^\circ$  werden neu eingegeben

Die Installation von Detektoren geschieht durch Angabe der Position und der Richtung. Nach der Positionierung wird der Detektor zunächst automatisch ausgerichtet. Danach ist eine manuelle Ausrichtung möglich, bei der die Koordinaten des Richtungspunktes eingegeben werden. Während dieser Eingabe wird eine Linie angezeigt, die den Positionspunkt mit dem Richtungspunkt verbindet und so die Melderhauptachse andeutet. Während der Ausrichtung des Melders ist auf dem Bildschirm ein Drahtmodell der Richtcharakteristik sichtbar. Die Darstellung der Richtcharakteristik als Drahtmodell wird bei der Anzeige des Grundrisses und der Seitenansicht benutzt, um dem Benutzer einen Eindruck des von dem Detektor erfassten Bereichs zu vermitteln.

### 2.3 Die dreidimensionale Darstellung

Um dem Benutzer eine Gesamtübersicht des Raumes zu zeigen, kann er eine dreidimensionale Darstellung wählen, die eine Parallelprojektion mit Hidden-Surface-Algorithmus nutzt. Dabei werden die Einrichtungsgegenstände nicht als Drahtmodelle angezeigt, sondern erhalten farbige Oberflächen.

Als Raumprojektion wurde die Normalprojektion gewählt, weil sie bei der Darstellung von Räumen ein übersichtliches Bild liefert. So erscheinen Quader nicht verzerrt, sondern haben auch auf dem Bildschirm zueinander parallele Kanten.

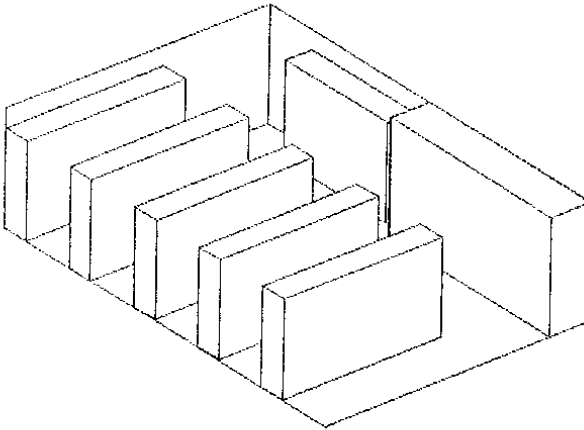


Bild 3: Raum mit Einbauten in Normalprojektion

Die Normalprojektion ist eine Umrechnung von einem Objektkoordinatensystem in die X-Y-Ebene eines Betrachterkoordinatensystems. Die zusätzlich gewonnene Z-Koordinate beschreibt die "Tiefe" eines Punktes. Die Projektion erfolgt durch folgende Transformation, wobei  $(X_o, Y_o, Z_o)$  ein Punkt im Objekt- und  $(X_B, Y_B, Z_B)$  der entsprechende im Betrachterkoordinatensystem ist:

$$(X_o, Y_o, Z_o) = (X_B, Y_B, Z_B) \cdot T$$

mit

$$T = \begin{bmatrix} -\sin(\theta) & -\cos(\theta) \cdot \cos(\phi) & -\cos(\theta) \cdot \sin(\phi) \\ \cos(\theta) & -\sin(\theta) \cdot \cos(\phi) & -\sin(\theta) \cdot \sin(\phi) \\ 0 & \sin(\phi) & -\cos(\phi) \end{bmatrix}$$

Um nun den Raum so auf dem Bildschirm darzustellen, daß der zur Verfügung stehende Bildbereich optimal ausgenutzt wird, wird folgende weitere lineare Transformation [5] benutzt:

$$X' = k_x \cdot X + t_x \quad Y' = k_y \cdot Y + t_y$$

Die Vergrößerungsfaktoren  $k_x$  und  $k_y$  werden dabei so bestimmt, daß entweder die zur Verfügung stehende Breite oder Höhe des Bildausschnitts voll ausgenutzt wird. Die Translationsfaktoren  $t_x$  und  $t_y$  "schieben" den Raum dann in die Bildmitte.

Die Betrachtungsrichtung auf den zu überwachenden Raum bei dreidimensionaler Darstellung kann vom Anwender frei gewählt werden. Eine Einschränkung besteht darin, daß Positionen unterhalb der Grundfläche nicht zugelassen sind. Ansonsten kann der Raum von allen Seiten betrachtet werden. Dazu wird ein Koordinatensystem und ein mit einer Ecke im Nullpunkt liegender Quader als Drahtmodell angezeigt. Es werden nur die sichtbaren Linien des Quaders gezeigt. Bewegt man die Maus vor und zurück, so ändert sich der Neigungswinkel  $\theta$  zwischen den Betrachterkoordinaten und den Ursprungskoordinaten des Quaders. Bei seitlicher Bewegung wird der Winkel zur X-Achse  $\phi$  verändert. Durch die Darstellung des Quaders läßt sich sehr leicht und anschaulich die Betrachterrichtung auf den dreidimensionalen Raum wählen.

#### 2.4 Der "Hidden-surface Algorithmus"

Es gibt verschiedene Verfahren, um Bildteile zu eliminieren, die von anderen verdeckt werden. Das sind z.B. sogenannte Hidden-Line Algorithmen, die zur Ausgabe von Drahtmodellen sehr gut geeignet sind. Hier wurde ein von Newell und Sancha [3] stammendes Verfahren zur Flächensortierung verwendet. Dabei wird jeder Fläche eine Priorität zugeordnet und dann die Fläche mit der niedrigsten Priorität zuerst auf dem Bildschirm ausgegeben. Dadurch, daß die Flächen als gefüllte Polygone angezeigt werden, werden nicht sichtbare Teilflächen einfach überschrieben. Im Prinzip wird das Bild für den Betrachter von hinten nach vorne aufgebaut.

Bei der dreidimensionalen Darstellung werden Richtcharakteristiken auf dem Bildschirm vereinfacht als

Kegelmantelflächen dargestellt. Der Öffnungswinkel des Kegels ist vom Anwender wählbar.

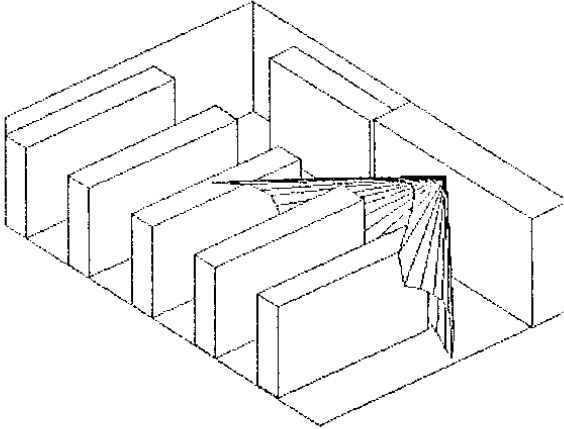


Bild 4: Normalprojektion eines Raumes mit Darstellung des überwachten Bereichs eines Melders

#### 2.5 Schnittflächen durch den überwachten Raum

Größere Aussagekraft als die dreidimensionale Darstellung eines überwachten Raumes haben Schnittbilder, die den Raum in verschiedenen Raumhöhen mit Schraffur der überwachten Flächen zeigen.

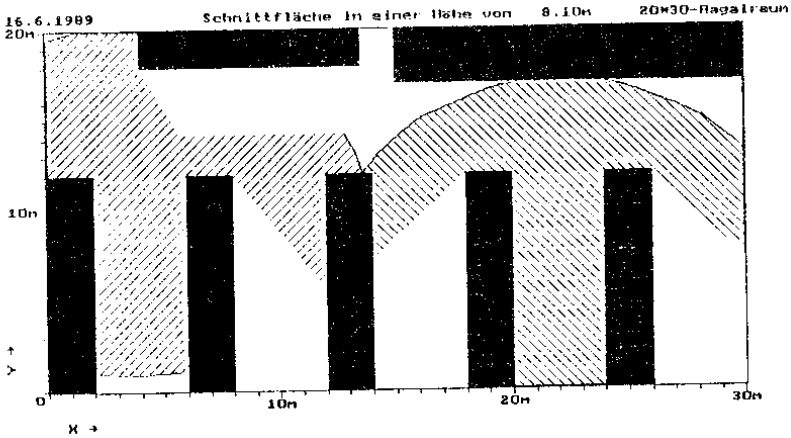


Bild 5: Schnittflächendarstellung eines Raumes mit zwei installierten Meldern

Außerdem wird eine Berechnung der Flächen angeboten:

27.1.1989 13:21

---

Raumbezeichnung: Fläche ohne Objekte :18.00m<sup>2</sup>  
 Fläche aller Objekte : 1.00m<sup>2</sup>

Max. erreichbare Fl.: 17.00m<sup>2</sup>

Bezeichnung	Position			Richtung		Erfasste Fläche	
	X	Y	Z	φ	θ		
Lambert 5m	6.00m	3.00m	2.35m	225°	117°	9.31m <sup>2</sup>	54.8%
Lambert 5m	0.00m	0.00m	2.35m	45°	117°	9.40m <sup>2</sup>	55.3%

Gesamte erfasste Fläche: 16.85m<sup>2</sup> 99.1%

Tabelle 1: Liste der Flächen in einer Schnitthöhe von 1.00m

## 2.6 Dokumentation

An verschiedenen Programmstellen ist der Ausdruck des Bildinhaltes auf einem Nadeldrucker möglich. Man hat die Wahl zwischen zwei Druckarten. So wird auf einem Epson FX Drucker im 8-Nadel-Modus mit einer Auflösung von 90x90 dpi ausgedruckt. Eine bessere Qualität erreicht man auf einem Epson LQ kompatiblen Drucker mit 180x180 dpi.

## 3. Zusammenfassung

Das vorgestellte Programm unterstützt den Planer von Brandmeldeanlagen bei der optimalen Platzierung von Flammenmeldern und bietet die Möglichkeit alle relevanten Daten zu archivieren.

Ein große Bedeutung bei der Entwicklung des Programms wurde der Benutzerfreundlichkeit eingeräumt. So ist in fast allen Situationen eine Hilfestellung abrufbar, in der Programmschritte des jeweiligen Menüs erläutert werden. Die Bedienung der Menüs selbst erfolgt wahlweise mit einer Maus oder über die Tastatur. Durch die benutzerfreundliche Menüführung wird auch dem Laien die Bedienung des hier vorliegenden Programms ermöglicht.

Hardware Voraussetzungen:

- IBM PC/XT/AT oder kompatiblen Rechner mit 640kB Hauptspeicher
- Maus mit Microsoft-kompatiblen Treiber
- EGA- oder VGA-Bildschirmadapter
- Numerischer Coprozessor
- Als Massenspeicher reicht zwar ein Diskettenlaufwerk mit einer Speicherkapazität von 360kB aus, sollte aber nur als Mindestkonfiguration verstanden werden

## 4. Literaturverzeichnis

- [1] Vyskozil, M.: Berechnung und grafische Darstellung der Richtcharakteristiken verschiedener optischer Quellen in einem beliebig gestalteten Raum, Studienarbeit an der Uni-GH-Duisburg (Fachbereich Elektrotechnik) 1989



- [2] Luda, A.: Grafische Darstellung des Verlaufs verschiedener Richtcharakteristiken optischer Quellen in geschlossenen Räumen, Diplomarbeit an der Uni-GH-Duisburg (Fachbereich Elektotechnik) 1988
- [3] Newman, W.M.; Sproull, R.F.: Principles of interactive Computer graphics, McGraw-Hill book company 1978
- [4] Glaeser, G.: 3D-Programmierung mit Basic, B.G. Teubner Verlag, Stuttgart 1986
- [5] W. Purgathofer, W.: Grafische Datenverarbeitung, Springer-Verlag, Wien/New York 1985



Adressen der Vortragenden - Addresses of authors - Adresses des auteurs

Heikki Ahola  
Technical Research Centre  
of Finland  
Fire Technologie Laboratory  
Kivimiehentie 4  
SF - 02150 Espoo, Finland

D. Appleby, Eng.  
R & D Manager  
Chloride Gent LTD.  
Temple Road  
GB - Leicester LE 5 4JF

Morten Avlund  
ElektronikCentralen  
Venlighedsvej 4  
DK-2970 HORSHOLM

Dr. A. E. Bamert  
Direktor  
Brand-Verhütungsdiensit für  
Industrie und Gewerbe  
Müscherlerstr. 45  
CH-8001 Zürich

Dr. H. D. Beenken  
Prokurist  
Colonia Versicherung AG  
Abt. IS-SVH  
Postfach 80 50 50  
D-5000 Köln 80

Dr.-Ing. H. Brüntrup  
Siemens AG  
Hofmannstr. 51  
D-8000 München 70

Paul Bryant  
The Loss Prevention Council  
Technical Services Group  
GB-BOREHAMWOOD, Herts WD6 2BJ

Thomas Capaul  
Cerberus Pyrotechnics Inc.  
45 Sims Crescent  
Richmond Hill, Ontario  
Canada L4B 1C9  
resp.: Cerberus AG  
CH-8708 Männedorf/Schweiz

J. D. Christensen, B.Sc.E.E.  
ElektronikCentralen  
Venlighedsvej 4  
DK-2970 Horsholm

Dipl.-Ing. Philippe Detriche  
SICLI Systems Sécurité S.N.C.  
2-4 rue Blaise-Pascal  
F-93150 Le Blanc Mesnil

Dipl.-Ing. A. Diekmann  
gm-elektronik Rolf Gorny GmbH  
Weststr. 93  
D-4800 Bielefeld

Dr. Karoly Dobos  
Fraunhofer Institut für  
mikroelektronische  
Schaltungen und Systeme  
Finkenstr. 61  
D-4100 Duisburg 1

Dr. S. H. Ellwood  
Gent Limited  
Temple Road  
GB-Leicester LE5 4JF  
England

L. Falco  
Swiss Center for Electronics  
and Microtechnology  
Maladiere 71  
CH-2000 Neuchatel/Schweiz

Adressen der Vortragenden - Addresses of authors - Adresses des auteurs

Ing. Bruno Fischer  
Hbv.  
HEKATRON GmbH  
Postfach 40  
D-7811 Sulzburg/Baden

Dipl.-Ing. C. Grapengiesser  
I R S GmbH  
Heidelberger Landstr. 175  
D-6100 Darmstadt 13

S. Lindskov Hansen  
ElektronikCentralen  
Venlighedsvej 4  
DK-2970 Horsholm

Dr. J. A. Harwood  
Home Office  
Science & Technology Group  
Horseferry House Room 426  
Dean Ryle Street  
GB- London SW1P 2AW

Dipl.-Ing. Bernd Heinen  
Esser GmbH  
Dieselstr. 2  
D-4040 Neuss 21

Prok. Eugen Hess, El.-Ing. HTL  
Securiton AG  
Alpenstraße 20  
CH-3052 Zollikofen

Luzius Hug  
Direktionspräsident  
Cerberus AG  
CH-8708 MÄNNEDORF / Schweiz

Prof. Dr.eng. H. Ishii  
Dept. of Electr. Eng.  
Coll. of Science & Technol.  
Nihon University  
1-8-14 Kanda Surugadai  
Chiyoda-ku, TOKYO/Japan

Ing. J. Kaiser  
Direktor  
Zentralstelle für  
Brandverhütung  
Siebenbrunnengasse 21  
A-1050 Wien / Österreich

Dipl.-Ing. Ch. Kainz  
Allianz Versicherungs-AG  
Abt. Sach-ABS  
Postfach 44 01 24  
D-8000 München 44

Dipl.-Ing. F. Khiabani  
Produktmanager  
Integrierte Systeme  
Landis & Gyr GmbH  
Karolingerring 31  
D-5000 Köln 1

Dipl.-Ing. Herbert Kirchner  
c/o VATIV GmbH  
Wersener Landstr. 12  
D-4500 Osnabrück

Dipl.-Ing. Jörg Klose  
FB 9 Nachrichtentechnik  
Universität -GH- Duisburg  
Bismarckstr. 81  
D-4100 Duisburg 1

Dipl.-Ing. Udo Kraemer  
FB 9 - Nachrichtentechnik  
Universität -GH- Duisburg  
Bismarckstr. 81  
D-4100 Duisburg 1

Adressen der Vortragenden - Addresses of authors - Adresses des auteurs

Fritz Kunz, El.Ing. HTL  
- euralarm -  
c/o Cerberus AG  
Postfach  
CH-8708 Männedorf

Daniel Magnet  
Vice-President  
c/o Intersyst  
Alte Landstr. 411  
CH-8708 Männedorf / Schweiz

J.P. Middleton  
Technical Executive  
Thorn Security Ltd.  
Security House  
Twickenham Road  
GB-Feltham, Mdl. TW13 6JQ

Yoshiaki Okayama  
Nohmi Bosai Kogyo Co., Ltd.  
7-3 Kudan-Minami 4-chome  
Chiyoda-Ku  
Tokyo 102/Japan

Ulrich Oppelt  
Friedrich Merk Telefonbau  
Abt. 417  
Wargauer Str. 32  
D-8000 München 90

D. O. Oram, Eng.  
Director R & D  
Simplex Time Recorder Co.  
Simplex Plaza  
GARDNER, Mass. 01441-0001 U.S.A.

Prof. Dr.-Ing. K.-L. Plank  
Gießener Str. 70  
D-6057 Dietzenbach  
D-8000 München 70

Dipl.-Ing. Otfried Post  
Siemens AG  
SISMT E 142  
Hofmannstr. 51

J. Prunier  
Ingénieur C.N.A.M.  
Conseiller auprès de la  
Direction C.N.P.P.  
5, Rue Daunou  
F-75002 Paris / Frankreich

Guy Roux  
Directeur Technique  
La Detection Electronique  
Française  
20 Rue de la Republique  
F-92170 Vanves/Frankreich

J.-C. Roux  
Président de la Sous-  
Commission CEA "Détection  
Automatique d'Incendie  
11, rue Pillet-Will  
F-75009 Paris

Marcel Ruggli  
Direktor  
Cerberus AG  
CH-8708 Männedorf

Dr. Peter Ryser  
Dipl. Phys.  
Cerberus AG  
CH-8708 Männedorf

J.G. Sans  
Directeur  
C.N.P.P. - Laboratoire  
Automatismes/Prot.Mecanique  
Route de la Chapelle Reanville  
BP 2265 -Saint Just  
F-27950 Saint Marcel

Adressen der Vortragenden - Addresses of authors - Adresses des auteurs

Dr.rer.nat. A. Scheidweiler  
Direktor  
Cerberus AG  
CH-8708 Männedorf /Schweiz

Dipl.-Ing. Klaus Schierau  
Leiter d. Elektrotechnik /  
Elektronik  
Preussag AG Minimax  
Industriestraße 10-12  
D-2060 Bad Oldesloe

Dipl.-Ing. U. Schlossarek  
FB 9 NachrichtentechnikV  
Universität - GH - Duisburg  
Bismarckstr. 81  
D-4100 Duisburg 1

Dr.-Ing. A. Schmidt-Ott  
FB-9 Aerosolmeßtechnik  
Universität - GH - Duisburg  
Bismarckstr. 81  
D-4100 Duisburg 1

Dipl.-Ing. Hans Schüngel  
Verband d. Sachversicherer e.  
Postfach 10 20 24  
D-5000 Köln 1

Dipl.-Ing. Rainer Siebel  
FB 9 Nachrichtentechnik  
Universität - GH - Duisburg  
Bismarckstr. 81  
D-4100 Duisburg 1

George F. Skala  
Senior Engineer  
Environment/One Corporation  
2773 Balltown Road  
U.S.A.- Schenectady, N.Y. 123

J.N. Smithies  
BRE / Fire Research Station  
Melrose Avenue  
Borehamwood, Herts WD6 2BL  
England

Dipl.-Ing. J. Sokat  
FB 9 - Nachrichtentechnik  
Universität - GH - Duisburg  
Bismarckstr. 81  
D-4100 Duisburg 1

Dr.-Ing. W. Tinkl  
SIEMENS AG / SI SMT E 142  
Hofmannstr. 51  
D-8000 München 70

J.-M. Vesin  
Laboratoire de traitement des  
signaux  
EPFL Ecublens  
CH-1015 Lausanne

Yukio Yamauchi  
Research Physicist  
R & D Center  
Hochiki Corp.  
246 Tsuruma  
Machida-shi, TOKYO/Japan



